الجمهوريــة الجزائريــة الديمقراطيــة الشعبيــة

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الجزائر 2 **معهد الآثار**

أبو القاسم سعد الله

أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه العلوم في الصيانة و الترميم تحت عنوان:

دراسة تأثير العوامل الطبيعية على المعالم الجنائزية الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، ضريح الخروب بقسنطينة و ضريح إمدغاسن بباتنة كنماذج

من إعداد الطالبة: **تحت إشراف الأستاذ:**

شريفة أصفصاف **أ .د مسعود حميان**

السنــــة الجامعيــــة

2017/2016

الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقراطيـــة الشعبيـــة

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الجزائر 2 معهد الآثار

أبو القاسم سعد الله

أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه العلوم في الصيانة و الترميم تحت عنوان:

دراسة تأثير العوامل الطبيعية على المعالم الجنائزية الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، ضريح الخروب بقسنطينة و ضريح إمدغاسن بباتنة كنماذج

من إعداد الطالبة: تحت إشراف الأستاذ:

شريفة أصفصاف أ.د مسعود حميان

لجنة المناقشة:

أ.د. عبد الكريم عزوق..رئيسا

أ.د.مسعود حميان..مقررا

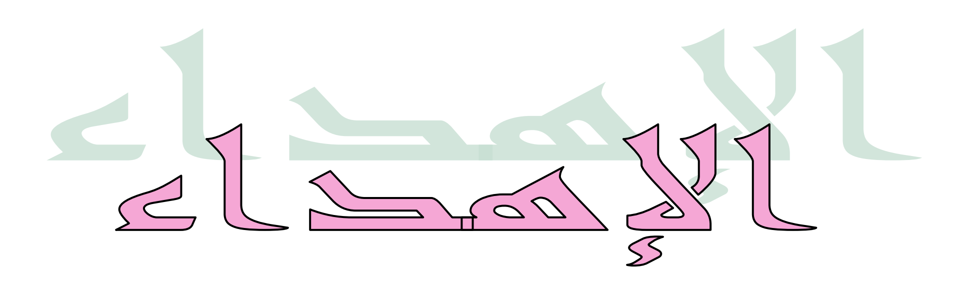
أ.د.سليم دريسي..عضوا

أ.د.محمد سعيدي..عضوا

د.عبد الرحيم لعمى..عضوا

السنـــة الجامعيـــة

2017/2016



إلى الغالية و العزيزة: ابنتي هبة الرحمان

إلى حبيب قلبي: ابني جلال

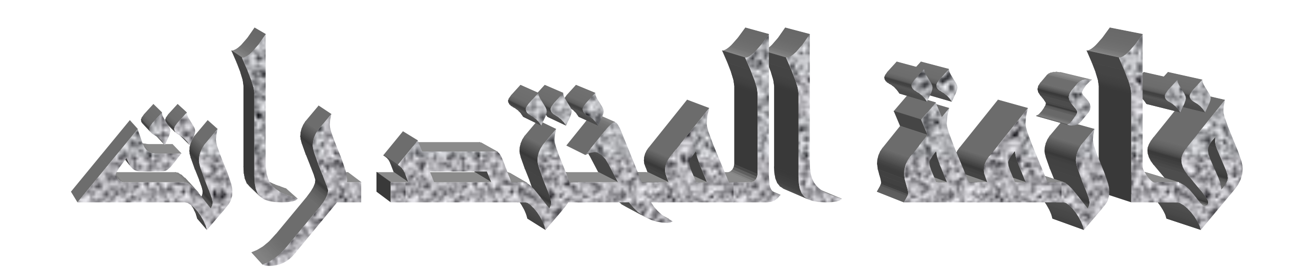
إلى زوجي: محمد فنوح



بعون الله استطعنا إتمام هذا العمل العلمي ، فللهالحمد و الشكر على نعمة العلم، وعلى توفيقه لنا لانجاز هذا العمل

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ الدكتور حميان مسعود على قبوله الإشراف على هذا العمل و على توجيهاته و نصائحه القيمة و كذا صبره علينا طيلة مدة إنجاز هذه الأطروحة

كما لا أنسى أن أشكر كل من ساعدني في إنجاز هذالعمل.


قائمة المختصرات

قائمة المختصرات

CETIM: Centre d’Etude et de services Technologiques de l’Industrie des Matériaux de construction.

ICCROM: Centre international d’études pour la conservation et la restauration des biens culturels.

ICOMOS: Conseil International des Monuments et des Sites.

ONM: Office National de la Météorologie

ORGM: Office national de la Recherche Géologique et Minière.

UNESCO: Organisation des Nations Unies pour l’Education, la Science et la Culture.


قائمة المصطلحات

قائمة المصطلحات

البهو... caveau

الرواق... Galerie

مخالب أو مشابك.. Crampons

مشكاة... Niche

تفلور الأشعة السينية... Fluorescence X

تاج.. Chapiteau

عقود حجرية.. Claveaux

درقات.. Bouclier

حيود الأشعة السينية...................................... Diffraction des rayons X

طحالب... Algues

أشنات... Lichens

العفن.. Moisissure

الخرسانة... Béton

ملواق.. Spatule

الملخص:

تزخر الجزائر بعدة نماذج من المعالم الجنائزية التي ترجع إلى الفترة القديمة ، من أهمها نجد الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، ضريح الخروب بقسنطينة و إمدغاسن بباتنة، و تتعرض هذه المباني الجنائزية كغيرها من المباني الأثرية الحجرية إلى عوامل التلف المختلفة، كالعوامل الطبيعية التي تعد أكثر العوامل إتلافا للمباني الأثرية إذ لا يمكن التحكم فيها لاستحالة فصل المبنى الأثري عن محيطه الطبيعي، و من أهم تلك العوامل المؤثرة على الضريح الملكي الموريطاني نجد الأملاح والرطوبة نتيجة قرب المعلم من البحر، أما ضريحي الخروب و إمدغ اسن فيتواجدان في مناطق داخلية تتميز بتغيرات مستمرة في درجات الحرارة و نسبة الرطوبة ما يسبب في تشقق الحجر . الجانب الذي تشترك فيه هذه الأضرحة هو مادة و تقنية البناء حيث استعمل الحجر الجيري في البناء لكن بخصائص مختلفة في كل ضريح: الضريح الملكي الموريطاني بني بحجارة جيرية ذات مسامية عالية تقدر بـ35 % و نسبة امتصاص معتبرة للماء تقدر بـ 17% و قساوتها 4 حسب سلم موهس، أما ضريح الخروب فتميزت حجارة البناء فيه بالصلابة (5 حسب سلم موهس) ومسامية تساوي 03% وبالتالي ضعف امتصاصها للماء (01%)، في حين كانت الحجارة الجيرية المستعملة في ضريح إمدغاسن ذات مسامية كبيرة (35%) و نسبة امتصاص معتبرة (20%) و قساوة تساوي 2 حسب سلم موهس، و الملاحظ أن الخروب و المدغاسن أكثر حفظا مقارنة بالضريح الملكي الموريطاني رغم ما تعرضت له هذه الأضرحة من تلف سببه الإنسان و الطبيعة، و تبقى الصيانة الد ورية لهذه المعالم و إحكام المراقبة عليها أحسن وسيلة لحمايتها و الحفاظ عليها.

الكلمات المفتاحية: الضريح الملكي الموريطاني، الخروب، إمدغاسن، عوامل التلف، خصائص مواد البناء، أزرار الرطوبة و الحرارة، صيانة و ترميم.

Résumé :

L'Algérie compte plusieurs monuments funéraires datant de l'époque antique, parmi lesquels, le tombeau royal de Mauritanie à Tipaza, le tombeau du Khroub à Constantine et le Madracen à Batna (choix de notre travail). Ces constructions funéraires, à l'instar d'autres constructions archéologiques en pierres, sont sujettes aux facteurs du temps et des conditions naturelles qui les endommagent. Le milieu naturel reste incontrôlable et ne peut être dissociée de la bâtisse archéologique.

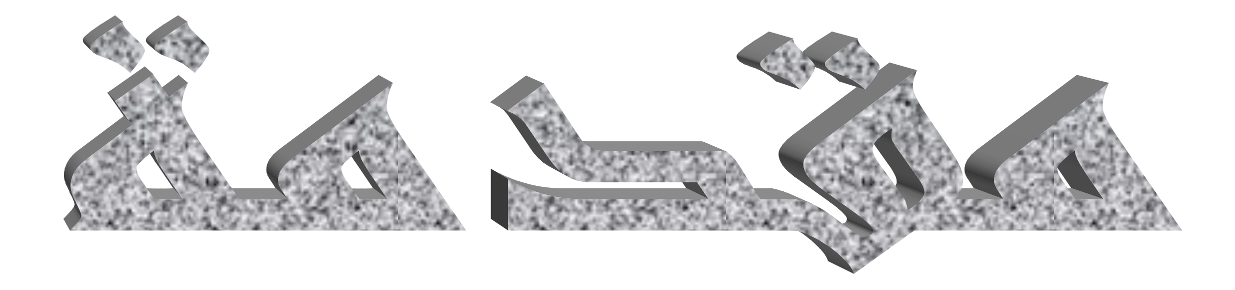
Les sels et l'humidité sont les facteurs dominants dans la dégradation du tombeau royal de Mauritanie, due à sa proximité à la mer. Par contre les tombeaux de Khroub et le Madracen se trouvent dans une région caractérisée par de grandes variations de température et d'humidité (T max =54°c, T min = -4°c, H. max =100% et H. min =09%), ce qui provoquent des fissurations et fracture au sein des pierres de construction de ces monuments.

Ces trois tombeaux ont en commun la technique de construction (opus quadratum), et la nature calcaire des pierres de construction.

Ces monuments se diffèrent par les caractéristiques physiques de leurs pierres de construction. On note pour le tombeau royal de Mauritanie une porosité ouverte de 35%, une absorption d'eau de 17% et une dureté de 4, pour le mausolée de khroub une porosité ouverte de 3% , une absorption de 1% et une dureté 5, pour le mausolée de madracen une porosité ouverte de 35%, absorption de 20% et une dureté égal à 2 sur l'échèle de mohs.

Le constat in situ a montré que le tombeau du Khroub et le Madracen sont mieux conservés, malgré les dommages causés par l'homme, et les dégradations dues à l'environnement. Cependant le tombeau royal de Mauritanie se trouve dans un état de dégradation plus avancé. Des mesures d'urgence sont nécessaires pour débarrasser ces

monuments de l’effet des facteurs biologiques. Néanmoins une maintenance périodique est recommandée pour mieux protéger et préserver ces monuments.



مقدمة عامة:

شهدت الجزائر تعاقب العديد من الشعوب والحضارات على أرضها منذ عصور ما قبل التاريخ إلى يومنا هذا، فقد استقر فيها كل من الرومان، الفينيقيين، البيزنطيين، الوندال و الحقبة الإسلامية و أخيرا الأتراك و أخيرا الفرنسيين، و قد تركت هذه الشعوب بصمات واضحة في المنطقة من خلال الآثار التي خلفتها أكانت مدن أو مدافن أو مواقع تحتوي في طبقاتها على الأدوات التي كان الإنسان يستخدمها في حياته اليومية.

إن دراسة المعالم الجنائزية القديمة تعطينا لمحة عن العمارة المحلية في الفترة ما قبل الإحتلال الروماني، حيث تعد هذه المباني الشاهد الوحيد على آثار الشعوب الأمازيغية البربرية في الفترة القديمة بسبب قيام المدن الرو مانية على أنقاض البنايات الأصلية، فإذا كانت هذه الأضرحة الكبرى التي نجدها منتشرة على كامل بلاد المغرب تشهد على تطور العمران عند البربر فإنه من دون شك أنه كانت توجد إلى جانب هذه القبور مدن نوميدية وومورية سادت فيها العمارة المحلية المنتشرة في العالم القديم، لكن للأسف اندثرت نتيجة التوسع العمراني للأمم الدخيلة كالرومان، و تعد هذه الأضرحة أيضا من أبرز الشواهد المادية التي يعتمد عليها الباحث اليوم لدراسة الحياة الدينية من معتقدات وكذا الطقوس الممارسة عند الدفن في المغرب القديم.

نهدف من خلال هذه الدراسة إلى الت عريف بثلاثة أضرحة هي : الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، ضريح الخروب بقسنطينة و ضريح إمدغاسن بباتنة، و دراسة أهم عوامل التلف التي تؤثر عليها مركزين على العوامل الطبيعية و التي تتمثل خاصة في المناخ بعناصره، و قد ركزنا على قياس كل من درجات الحرارة و نسبة الرط وبة في المواقع المدروسة بواسطة أجهزة خاصة. كما للموقع الجغرافي دور مهم في التلف و هذا

ما تترجمه حالة حفظ المعالم فالضريح الملكي الموريطاني مثلا نجده متأثرا كثير بالأملاح نتيجة وقوعه بالقرب من البحر ما تسبب في تغير لون الحجر إلى الأبيض خاصة في الواجهة الشمالية المطلة على البحر بينما ضريحي الخروب و المدغاسن تظهر الشقوق بكثرة على حجارة البناء نتيجة الفارق الكبير بين درجات الحرارة و الرطوبة بين الفصول أو بين الليل و النهار، كما نهتم في هذا البحث بدراسة نوعية الصخور المستعملة لبناء الأضرحة وخصائص هذه الصخور و هذا لفهم و تفسير آلية التلف.

و لفهم و تفسير آلية التلف قمنا بدراسة خصائص و طبيعة الصخور المستعملة في بناء الأضرحة، و كذالك الظروف الطبيعية المحيطة بها كالرطوبة و الحرارة، و بهذا اخترنا العنوان التالي : **دراسة تأثير العوامل الطبيعية على المعالم الجنائزي ة: الضريح الملكي الموريطاني بتيبازة، ضريح الخروب بقسنطينة وضريح إمدغاسن بباتنة كنماذج.**

لقد قامت دراستنا على جانبين متلازمين، الجانب النظري المتمثل في جمع المادة العلمية التي تمس صلب الموضوع و الجانب التطبيقي، و قد استعملنا في الجانب النظري مجموعة لا بأس بها من المصادر و المراجع باللغتين العربية و الفرنسية و التي أفادتنا في التعرف على هذه الأضرحة الجنائزية و عمارتها و من أهمها:

- رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م إلى غاية عشية الفتح الإسلامي في القرن السابع م**، دار هومة، الجزائر، 2002م.
- Christofle (M), **le tombeau da la chrétienne,** Paris, 1951.
- Gsell (S), **Histoire ancienne de l'Afrique du nord**, tome VI, 1972.
- Gsell (S), **Les monuments antiques de l'Algérie**, tome I, Paris, 1901.

أما في ما يخص المراجع الحديثة فقد استعملنا مجموعة من التقارير ، سواء فيما يخص الجانب التاريخي للأضرحة، أو حول الطرق الحديثة المستعملة في الترميم و كذا أسباب و عوامل التلف، نذكر منها:

- Bromblet (Ph), **Guide Altérations de la pierre,** 2010
- Bromblet (Ph) , **Guide sur les techniques de conservation de la pierre,** 2010

هذا بالإضافة إلى أعداد كثيرة من مجلة قسنطينة التي تحوي تق ارير حول الأضرحة المدروسة.

الإشكالية:

إنطلقنا في هذه الدراسة من إشكالية محورية مفادها:

-كيف تأثر العوامل الطبيعية على المعالم الجنائزية؟

و تندرج تحت هذه الإشكالية أسئلة فرعية نظرا لتعدد الجوانب المدروسة في البحث وهي:

-ما هي العوامل الطبيعية الأساسية التي تؤثر على تلف الأضرحة؟

-ما هي طبيعة مواد البناء المستعملة في الأضرحة و ما خصائصها؟

-ما هي العلاقة الموجودة بين عوامل التلف و خصائص مواد البناء؟

-ما هي مظاهر التلف الموجودة على المعالم الجنائزية المدروسة؟

-ما هي الأساليب و الطرق الوقائية للحد من عوامل التلف؟

طبيعة الدراسات السابقة:

لقد اهتمت الدراسات و الأبحاث السابقة في دراسة هذا الموضوع في إطار تخصصات منفصلة بعضها عن بعض، حيث نجد مراجع اهتمت بالجانب التاريخي والمعماري للأضرحة، و مراجع أخرى اهتمت بمجال الحفظ و الترميم أو مادة البناء و كذا التقنيات المستعملة في البناء، لكننا في هذا البحث حاولنا الإلمام بالجوانب المختلفة

للموضوع من دراسة تاريخية و معمارية للأضرحة بالإضافة إلى التعرف على مادة البناء وخصائصها وأخيرا عوامل تلفها و طرق الحفظ و الترميم.

و في هذا الصدد هناك مجموعة من الأعمال التي اختصت في مجال حفظ وترميم المعالم الجنائزية المدروسة نذكر منها:

شريفة (أصفصاف)، **محاولة لدراسة خصائص تلف ض ريح إمدغاسن بباتنة من أجل صيانة و ترميم تقني** (مذكرة ماجستير)، جامعة الجزائر - معهد الآثار، 2009-2010.

مقال حول تأثير الرطوبة و الحرارة على تلف المباني الحجرية : Hamiane (M), Assafsaf (C), use of the thermo-hygro bottons in tracking the influence of humidité and temperature on the deterioration of the building stones of the mausoleum of Imedghassen Batna in Algeria , journal : MATEC Web of Conferences, Malaysia, volume 66

أقسام الموضوع:

للإجابة على هذه الأسئلة قسمنا البحث إلى أربعة أبواب، مقدمة عامة و خاتمة

في المقدمة العامة عرفنا بالموضوع و أهميته و أهم الدراسات و الأبحاث الأثرية التي عالجت الموضوع و تطرقنا إلى أقسام البحث و كذا المناهج المتبعة فيه.

الباب الأول : تناولنا فيه عموميات حول الأضرحة المدروسة و بهذا قسمناه إلى ثلاثة فصول، مقدمة و خاتمة.

الفصل الأول: تناولنا فيه عموميات حول الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، حيث حددنا الإطار الجغرافي و المناخي للضريح، و كذا المعطيات الطبيعية و الجيولوجية للمنطقة، ومن ثم نقوم بوصف الضريح و التأثيرات الأجنبية عليه و كذا تأريخه اعتمادا على مختلف المصادر و المراجع المتوفرة.

الفصل الثاني: تناولنا فيه عموميات حول ضريح الخروب بقسنطينة، حيث تعرفنا على خصوصية المنطقة سواء من الناحية الطبيعية أو الجيولوجية و كذا المناخ، وأيضا دراسة معمارية للضريح للتعرف على الشكل العام له و أهم العناصر المعمارية فيه أكانت محلية أم أجنبية، وسرد تاريخ الأبحاث و الدراسات التي أجريت على الضريح.

الفصل الثالث: تناولنا فيه عموميات حول ضريح إمدغاسن بباتنة، الإطار الجغرافي والمناخي للضريح و كذا دراسة طبيعة و جيولوجية المنطقة، ثم قدمنا دراسة معمارية للضريح و هذا بوصف أجزائه سواء القسم الداخلي أو الخارجي، و التعرف على التأثيرات الأجنبية عليه، ثم استعراض مختلف الدراسات و الأبحاث السابقة و كذا التنقيبات والترميمات التي أجريت عليه.

الباب الثاني: تناولنا فيه مادة ا لبناء و هي الصخور، و بهذا قسمناه إلى ثلاثة فصول، مقدمة و خاتمة.

الفصل الأول : تناولنا فيه تعريف الصخور و تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كبرى : الصخور النارية، الصخور الرسوبية و الصخور المتحولة، و كذا خصائص كل مجموعة.

الفصل الثاني: خصص لخواص الصخور و مختلف استعمالا تها، و التعرف على أهم الأجهزة العلمية المستخدمة في التحليل و الفحص.

الفصل الثالث : درسنا فيه أساليب قطع واستخراج الأحجار، و كذا تطور هذه الأدوات، إضافة إلى التقنيات المختلفة المستعملة في البناء في الفترة القديمة.

الباب الثالث: تناولنا فيه عوامل التلف و مظا هره و طرق الحفظ و الترميم و لهذا قسمناه بدوره إلى ثلاثة فصول.

الفصل الأول: تطرقنا فيه إلى عوامل التلف سواء كانت داخلية تتعلق بخصائص المادة أو عوامل التلف الخارجية كالعوامل الطبيعية مثل الرطوبة، و العوامل البيولوجية كالنباتات بالإضافة إلى العامل البشري.

الفصل الثاني: فيه تشخيص لمظاهر التلف التي قد نصادفها على حجارة البناء كالتقشر والتفتت و الإستيطان البيولوجي و غيرها.

الفصل الثالث : استعرضنا فيه أهم التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من أخطار التلف المختلفة، و كذا الطرق العلمية المستخدمة في علاج و صيانة الأحجار كالتقوية والتنظيف و إزالة الأملاح.

الباب الرابع: يشمل على الجانب الميداني و التطبيقي و قسم إلى ثلاثة فصول، حيث خصصنا كل فصل لضريح من الأضرحة المدروسة.

الفصل الأول: يحتوي على العمل التطبيقي الخاص بالضريح الملكي الموريطاني و فيه جزئين، الجزء الأول يشمل على العمل الميداني من وصف لحالة حفظ الضريح وكذا تشخيص مظاهر التلف عليه، أما العمل التطبيقي فيتجلى في كل من قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع و التحاليل المخبرية لعينات من الحجارة المستعملة في البناء.

الفصل الثاني : يحتوي على العمل الميداني و التطبيقي لضريح الخروب، تناولنا في الجانب الميداني منه وصف حالة حفظ الضريح و تشخيص مظاهر التلف عليه، أما العمل التطبيقي فيتمثل في قياس كل من درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع، بالإضافة إلى التجارب المخبرية للتعرف على خصائص الحجارة المستعملة في البناء.

الفصل الثالث: عرضنا فيه الجانب الميداني و التطبيقي لضريح إمدغاسن بباتنة ، نجد في الجانب الميداني منه وصف الضريح و تشخيص حالة حفظه ، أما الجانب التطبيقي

فيتمثل في قياس كل من درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع، بالإضافة إلى التجارب المخبرية للتعرف على خصائص الحجارة المستعملة في البناء.

الخاتمة: كانت حوصلة لأهم النتائج التي توصلنا إليها من خلال هذه الدراسة.

المناهج المتبعة في البحث:

لقد استعملنا في هذه الدراسة عدة مناهج يمكن حصرها في:

المنهج التاريخي: الذي يعتمد على تحليل مختلف الدراسات التاريخية السابقة و تفسيرها والوقوف على مضامينها لإثراء البحث من الجانب التاريخي، حيث استعملناه للتعرف على تاريخ المناطق المدروسة، فترة بناء تلك الأ ضرحة و الشخصيات التي تنسب إليها، و غيرها من المعلومات التي تثري الموضوع من الجانب التاريخي.

المنهج التجريبي: يقوم أساسا على أسلوب التجارب العلمية الميدانية و المخبرية للتعرف على خصائص مادة بناء الأضرحة، و كذا المناخ السائد في المنطقة من أجل فهم العلاقة بين هذه الخائص و حالة الحفظ.

المنج الوصفي: يرتكز على الملاحظة الدقيقة و التشخيص التفصيلي، للتعرف أكثر على الأضرحة محل الدراسة و درجة حفظها.

و ككل بحث علمي لا يخلو هذا البحث من الصعوبات التي عرقلت أحيانا تقدمة، أهمها العزلة التامة للأضرحة المدروسة عن مناطق العمران و حتى السواح و الزوار نادرا ما نجدهم في الموقع، بالإضافة إلى غلق الأقسام الداخلية لضريحي إمدغاسن و الضريح الملكي الموريطاني لدواعي أمنية ما منعنا من الولوج إلى داخل المبنى و بهذا اكتفينا في

الباب الأول :

عموميات حول الأضرحة المدروسة

الباب الأول: عموميات حول الأضرحة المدروسة

مقدمة

الفصل الأول: عموميات حول الضريح الملكي الموريطاني

تمهيد

1- التعريف بولاية تيبازا و تاريخها

1-1- التعريف بولاية تيبازا

1-2- تاريخ المنطقة

2- الإطار الجغرافي و المناخي للضريح الملكي الموريطاني

2-1- الموقع الجغرافي للضريح

2-2- المعطيات الطبيعية للمنطقة

2-3- الدراسة الجيولوجية للمنطقة

2-4- المناخ

3- الدراسة المعمارية للضريح

3-1- وصف الضريح

3-1-1- القسم الخارجي

3-1-2- القسم الداخلي

3-2- التأثيرات الأجنبية على الضريح

4- تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة

4-1- الدراسات و الأبحاث السابقة

4-2- التنقيبات الأثرية و الترميمات السابقة

4-3- تأريخ الضريح

5- أصل التسمية و أهم الأساطير التي قيلت عن الضريح

5-1- أصل التسمية

5 2 -الأساطير التي تحدثت عن الضريح

الخلاصة

الفصل الثاني: عموميات حول ضريح الخروب

تمهيد

1- التعريف بولاية قسنطينة و تاريخها

1 1 -التعريف بولاية قسنطينة

1 2 -تاريخ المنطقة

1 3 -المعطيات الطبيعية للمنطقة

2- الإطار الجغرافي و المناخي لضريح الخروب

2-1- الموقع الجغرافي للضريح

2-2- الدراسة الجيولوجية للمنطقة

2-3- المناخ

3- الدراسة المعمارية للضريح

3-1- وصف الضريح

3 1 1 -القسم الخارجي

3 1 2 -القسم الداخلي

3-2- التأثيرات الأجنبية على الضريح

4- تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة

4 1 -الدراسات و الأبحاث السابقة

4 2 -التنقيبات الأثرية و الترميمات السابقة

4 3 -تأريخ الضريح

5 - أصل التسمية

الخلاصة

الفصل الثالث: عموميات حول ضريح إمدغاسن

تمهيد

1- التعريف بولاية باتنة و تاريخها

1-1 التعريف بولاية باتنة

1-2 تاريخ المنطقة

2- الإطار الجغرافي و المناخي لضريح إمدغاسن

2-1 الموقع الجغرافي للضريح

2-2 المعطيات الطبيعية للمنطقة

2-3 الدراسة الجيولوجية للمنطقة

2-4 المناخ

3 - الدراسة المعمارية للضريح

3-1 وصف الضريح

3-1-1 القسم الخارجي

3-1-2 القسم الداخلي

3-2- التأثيرات الأجنبية على الضريح

4- تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة

4-1 - الدراسات و الأبحاث السابقة

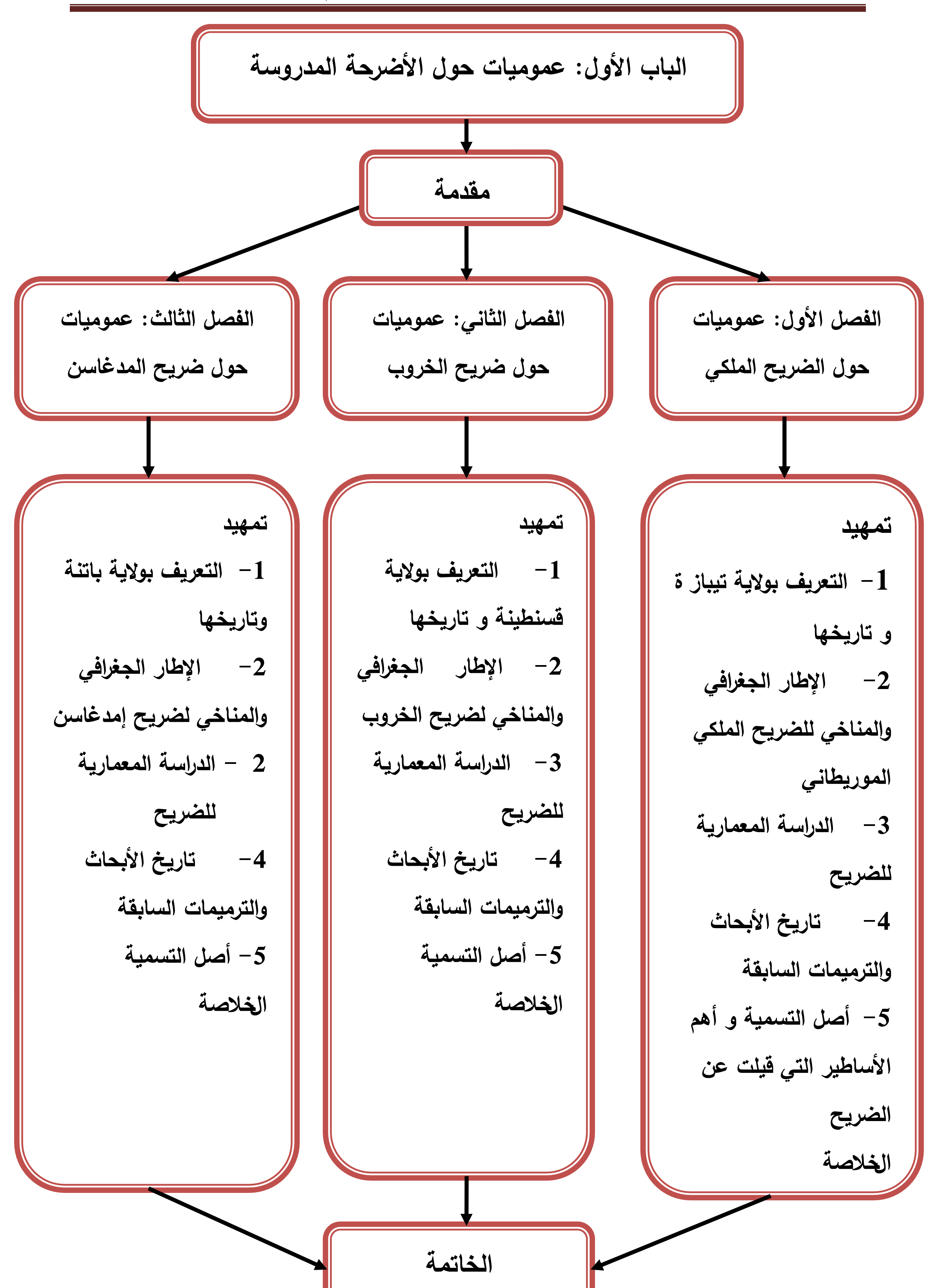
4-2 - التنقيبات الأثرية و الترميمات السابقة

4-3 - تأريخ الضريح

5- أصل التسمية

الخلاصة

خاتمة الباب الأول


الباب الأول: عموميات حول الأضرحة المدروسة
مقدمة
الفصل الأول: عموميات حول الضريح الملكي
الفصل الثاني: عموميات حول ضريح الخروب
الفصل الثالث: عموميات حول ضريح المدغاسن
تمهيد
1- التعريف بولاية تيباز ة و تاريخها
2- الإطار الجغرافي والمناخي للضريح الملكي الموريطاني
3- الدراسة المعمارية للضريح
4- تاريخ الأبحاث والترميمات السابقة
5- أصل التسمية و أهم الأساطير التي قيلت عن الضريح
الخلاصة
تمهيد
1- التعريف بولاية قسنطينة و تاريخها
2- الإطار الجغرافي والمناخي لضريح الخروب
3- الدراسة المعمارية للضريح
4- تاريخ الأبحاث والترميمات السابقة
5- أصل التسمية
الخلاصة
تمهيد
1- التعريف بولاية باتنة وتاريخها
2- الإطار الجغرافي والمناخي لضريح إمدغاسن
2 - الدراسة المعمارية للضريح
4- تاريخ الأبحاث والترميمات السابقة
5- أصل التسمية
الخلاصة
الخاتمة

مقدمة:

لقد اهتم الإنسان منذ ما قبل التاريخ بعملية دفن الموتى، فلما كان يسكن المغارات الطبيعية و الملاجئ تحت الصخور نجده قد استخدمها إلى جانب الإيواء كمراكز لدفن الموتى، و هذا ما تؤكده اكتشافات الأثريون عند التنقيب في المغارات التي سكنها الإنسان البدائي أين عثر بداخلها على بقايا عظمية آدمية ممزوجة ب أدوات و حلي وأسلحة استعملها الإنسان في حياته اليومية.

و في العصر الحجري الحديث تغير نمط حياة الإنسان بعد اكتشافه للزراعة واستئناسه للحيوان و التأقلم مع حياة الإستقرار، فاهتدى في هذه الفترة إلى ضرورة تخصيص أماكن معينة مستقلة خارج مسكنه لدفن أمواته، ثم تطورت هذه القبور مع مرور الوقت حيث نجد الحوانيت التي انتشرت خاصة على المنحدرات و الهضاب الصخرية، الجثوات، المصاطب، البازينات، الشوشات و الأضرحة بمختلف أشكالها التي عرفت منذ العصور التاريخية القديمة.

إن دراسة الأضرحة القديمة تكشف عن حقائق كثيرة تتعلق بالحي اة الدينية والممارسات العقائدية، و كذا الفن المعماري السائد عند البربر القدامى، حيث سنحاول في هذا الباب بالتعريف ببعض النماذج من الأضرحة القديمة و هي : الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، ضريح الخروب بقسنطينة و ضريح إمدغاسن بباتنة، كون هذه المعالم الجنائزية تعد جزء لا يتجزأ من تراثنا الثقافي القديم يجب المحافظة عليه.

و بهذا يمكن طرح الإشكاليات التالية:

- من قام ببناء هذه الأضرحة ؟ و متى ؟
- هل تأثرت عمارتها بتأثيرات أجنبية؟
- ما هي أهم الدراسات و التنقيبات الأثرية التي أجريت عليها ؟
- هل تم ترميم هذه الأضرحة؟

و للإجابة على هذه الأسئلة و أخرى قسمنا الباب إلى ثلاثة فصول، مقدمة وخاتمة.

المقدمة: عرفنا فيها بمحتوى الباب.

الفصل الأول: عموميات حول الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا.

الفصل الثاني: عموميات حول ضريح الخروب بقسنطينة.

الفصل الثالث: عموميات حول ضريح إمدغاسن بباتنة.

الخاتمة: كانت حوصلة لأهم النتائج المتوصل إليها.

الفصل الأول :

عموميات حول الضريح الملكي الموريطاني

الفصل الأول: عموميات حول الضريح الملكي الموريطاني

تمهيد

1- التعريف بولاية تيبازا و تاريخها

2- الإطار الجغرافي و المناخي للضريح الملكي الموريطاني

3- الدراسة المعمارية للضريح

4- تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة

5- أصل التسمية و أهم الأساطير التي قيلت عن الضريح

الخلاصة

تمهيد:

ترجع مملكة موريطانيا إلى نهاية القرن الرابع أو القرن الثالث قبل الميلاد حيث تشير النصوص التاريخية إلى أحد ملوكها المسمى باغا و الذي كان حليف ماسي نيسا خلال الحرب البونية الثانية ، و خلال القرن الأول قبل الميلا د انقسمت موريطانيا إلى مملكتين: غربية تحت حكم الملك بوغ ود و شرقية تحت حكم بوخوس الثاني ، لكن حكم بوغود لم يدم طويلا إذ سرعان ما بسط بوخوس الشاب نفوذه على كامل موريطانيا، و بعد وفاة بوخوس سنة 33ق.م خضعت موريطانيا مدة 8 سنوات للإدارة العسكرية الرومانية، وفي سنة 25 ق.م نصب الإمبراطور أوكتافيوس يوبا الثاني ملكا عليها حيث اتخذ وزوجته كليوباترا سليني قيصرية عاصمة لهما و أقاما فيها قرابة نصف قرن ، و في سنة 23م توفي الملك يوبا الثاني فخلفه على العرش ابنه بطليموس (23-40م) و على الرغم من طول فترة حكمه إلا أن الكتابات القديمة تصفه بضعيف الشخصية حيث سلك نهج خدمة الرومان و الدفاع عن مص الحهم، و بعد مقتل بطليموس على يد الإمبراطور كاليغولا سنة 40 م انتهى عهد الممالك المحلية و بدأ الإ حتلال الروماني بإعلان مملكة موريطانيا مقاطعة رومانية.[1]

لقد كانت فترة حكم الملك يوبا الثاني من أزهى الفترات التي عرفتها م ملكة موريطانيا و قد أجمع المؤلفو ن باهتمام هذا الملك بالعلم و الأدب كما كان شديد التأثر بالثقافة اليونانية، و من المحتمل أنه قد زين عاصمته قيصرية بأجمل التحف و التماثيل المستوحاة من الفن الإغريقي ، و تشهد الآثار الباقية إلى يومنا هذا على الرخاء و اتساع العمران في عصره، و من أهم هذه الآثار التي تنسب إ ليه نجد الضريح الملكي الموريطاني بتببازا.

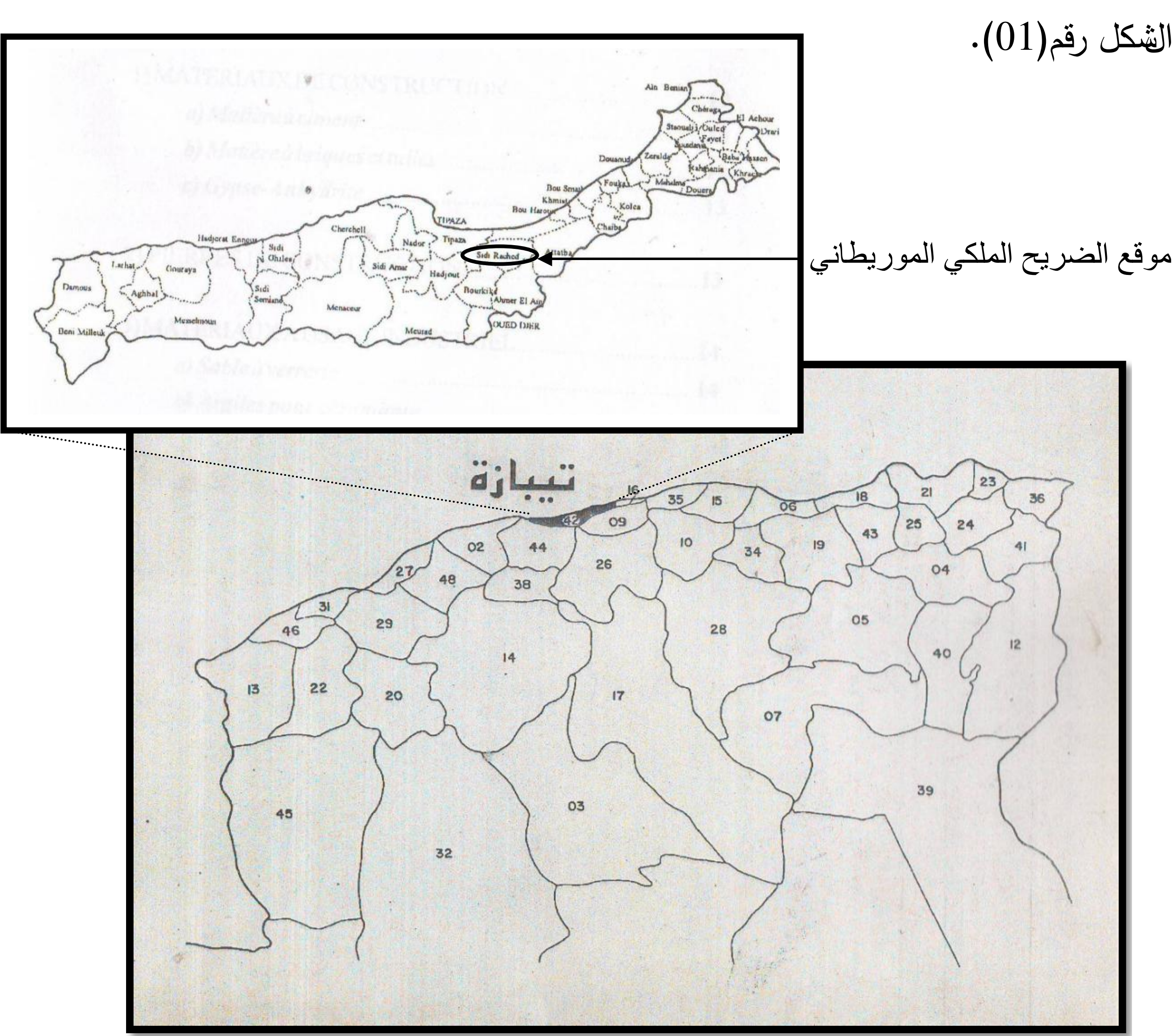
---

[1] رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م إلى غاية عشية الفتح الإسلاميفي القرن السابع م** ، دار هومة، الجزائ، 2002م، ص49-51

1- التعريف بولاية تيبازا و تاريخها:

1 1 التعريف بولاية تيبازا:

ولاية تيبازا كانت نتيجة التقسيم الإداري لسنة 1985م، تتكون من 14 دائرة و42 بلدية، تقدر الكثافة السكانية فيها ب 700000 نسمة حسب إحصائيات 1987م، تحدها الجزائر العاصمة من الشرق، و الشلف من الغرب ، ولاية عين الدفلى من الجنوب والبليدة من الجنوب الشرقي[2]، أما في الشمال فنجد البحر الأبيض المتوسط، كما هو موضح في الشكل رقم(01).



شكل رقم (01): خريطة تبين الموقع الجغرافي لولاية تيبازا

عن ORGM , Carte des substances utiles non métalliques de l’Algérie: wilaya de Tipaza

[2] ORGM, **Carte des substances utiles non métalliques de l’Algérie :wilaya de Tipaza**, éditions du service géologique de l’Algérie , Boumerdes , 1999 , p 7

تتميز ولاية تيبازا بموقعها على الساحل و أراضيها المنخفضة (100م إلى200م) والتي تشكل سهل متيجة جنوب الولاية ، أما في الجهة الشمالية فنجد جبال شنوة التي يصل ارتفاعها إلى 900م.[3]

كما تعرف المنطقة بوفرة المحاصيل الزراعية و كثرة البساتين نظرا للمناخ السائد الذي يتميز بوفرة الأمطار و من النشاطات الأخرى للسكان نجد الصيد البحري لتوفر المنطقة على 150 كلم من السواحل و من أهم الموانئ بها نجد: ميناء تيبازا، بوهارون وبوسماعيل.

تمتلك هذه الولاية مقومات سياحية كثيرة جدا نذكر منها : تيبازا (المواقع والمتاحف و الضريح الملكي الموريطاني...إلخ)، شرشال و غيرها، كما تزخر هذه الولاية بمجموعة من المحاجر التي استغلت لاستخراج حجارة للبناء مثل محجر حمر العين وجبل شنوة.[4]

1 2 تاريخ الولاية:

1-2-1- فترة ما قبل التاريخ:

تعود أقدم الآثار لولاية تيبازا إلى فترة ما قبل التاريخ حيث أسفرت الحفريات على موقع يؤرخ بالعصر الحجري ا لمتوسط في عين تقورايت و كوالي ، كما نجد الحضا رة الإيبيرومغربية المؤرخة بـ 12000سنة في مو قعي راسل و شنوة، أما العصر الحجري الحديث فهو مؤكد في موقعي كوالي و كهف راسل إذ وجدت بعض القطع الفخارية التي نسبت إلى هذه الفترة ، كما عرفت تيبازا عصر البرونز و الشاهد على ذلك سكين عثر عليه في جبل شنوة بالقرب من كهف راسل.[5]

---

[3] ORGM, **Carte des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Tipaza** , op .cit , p7, 8

[4] Idem, p8

[5] Lancel (S), Boucheneki (M), **Tipaza Maurétanie**, Alger, 1990, p 8

1-2-2- الفترة الفينيقية البونية:

يتضح م ن خلال المصادر الكتابية و المادية بأن التواجد الفينيقي البوني في الجزائر مؤكدا و أنه سبق تواجد الرومان ، كما أنه كان الخط الفاصل بين فترة ما قبل التاريخ والفترة التاريخية، و يعتقد بعض الباحثين بأن التجار الفينيقيين كانوا قد نزلوا بتيبازا لأغراض تجارية و ذلك نظرا لسهولة شاطئها و ملائمته لبدائيتهم حيث يتوفر فيه الرمل مع الميلان البسيط الذي يسهل عليهم جر سفنهم إلى اليابسة ليلا ، بالإضافة إلى وجود جزيرتين صخريتين يحميان المرفأ الذي اختاروه لإرساء سفنهم من تلاطم الأمواج ، و من الناحية الكرونولوجية فـإن التواجد الفينيقي البوني بتيبازا كان منذ القرن السادس قبل الميلاد حسب نتائج أبح اث العديد من الباحثين أمثال لانسال (S.Lancel) و سنتاس (P.Cintas).[6]

1-2-3- فترة الممالیك الموریطانیة:

بعد هزيمة الفينيقيين على يد الرومان خلال الحرب البونية الثالثة، أين دمرت قرطاج كليا في عام 146م، و منذ ذلك الحين تم إدماج تيبازا ضمن المماليك الموريطانية و صارت إيول (شرشال حاليا) إحدى عواصم الملك بوخوص، و بعد تولي يوبا الثاني حكم إيول أطلق عليها اسم القيصرية ، وتبين الآثار التي تعود إلى تلك الفترة عن أهمية المنطقة التي عرفت تنمية و ازدهار واضح في عهد الحاكم يوبا الثاني.[7]

1-2-4- الفترة الرومانية:

مع منتصف القرن الأول الميلادي أصبحت قيصرية (شرشال) العاصمة الإدارية لمقاطعة موريطانيا القيصرية التي امتدت من منطقة وهران إلى الواد الكبير ، و كان يقيم بها الحاكم الذي يمثل الإمبراطور ، كما ارتقت مدينة تيبازا إلى رتبة بلدية في عام 46م،

---

[6] محمد الصغير (غانم)، **معالم التواجد الفينيقي البوني في الجزائر**، دار الهدى، الجزائر، 2003م، ص 180-182

[7] Bennacer (F), Harichane (N), **Etude pour la réalisation d'un circuit touristique au mausolée royal de Mauritanie**, B.E.A.U. Hariche Nora, Chlef , sans date, p 5 .

وفي هذه الفترة امتدت المدينة من المنارة شرقا إلى آثار السور القديم الموجود بالقرب من منزل الجداريات غربا ، عرفت المدينة توسعها الأكبر تحت حكم أدريان (117-138م) وأحيطت بسور كبير يبلغ طوله 2300م، و بين 145 و 150 م أصبحت تيبازا مستعمرة تتمتع بحق المواطنة الرومانية.[8]

1-2-5- الفترة الإسلامية:

إن أغلبية المباني الإسلامية و خاصة العثمانية منها قد اعتمدت في تشييد مبانيها على حجارة جلبت من مدينة تيبازا و التي تعود إلى الحضارة الرومانية القديمة و كانت تيبازا أنذاك تعد كمحجرة.[9]

2- الإطار الجغرافي و المناخي للضريح الملكي الموريطاني:

2 1 الموقع الجغرافي:

يقع الضريح الملكي الموريطاني في ولاية تيبازا على بعد 1,5 كلم شمال بلدية سيدي راشد، و حوالي 15 كلم جنوب شرق تيبازا، يعلو قمة جبلية تنتمي إلى سلسلة جبال الساحل التي تفصل سهل متيجة عن البحر ، على ارتفاع 261م فوق سطح البحر ، فهو بهذا يحتل موقعا استراتيجيا هاما حيث يمكن رؤيته من كامل الجهة الجنوبية لسهل متيجة، ومن مرتفعات بوزريعة و كذلك من البحر على طول الخليج الذي يمتد بين جبل شنوة و أعالي بوزريعة ، حيث يهتدي به الصيادون في تنقلاتهم البحرية [10]، يبعد الضريح بحوالي 5 كلم عن الساحل[11] و موقع هذا الضريح مبين في الشكل رقم(02).

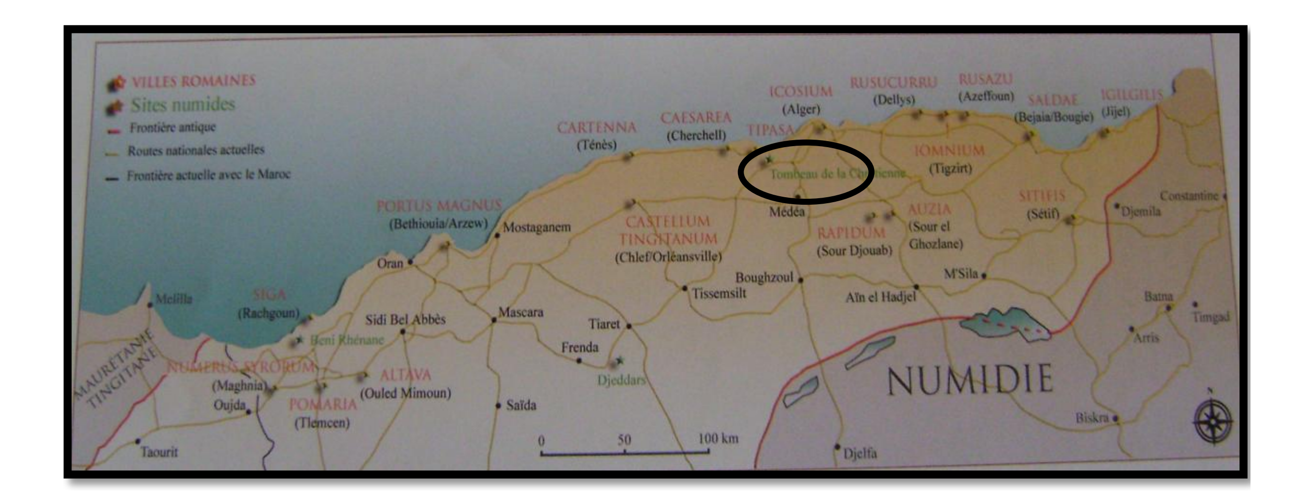
---

[8] Lancel (S), Boucheneki (M), **Tipaza Maurétanie**, op.cit, pp 10,11

[9] Gsell (S), **promenades archéologique aux environs d'Alger, Cherchell, Tipasa, le Tombeau de la chrétienne**, Alger, 1896, p 9

[10] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص102

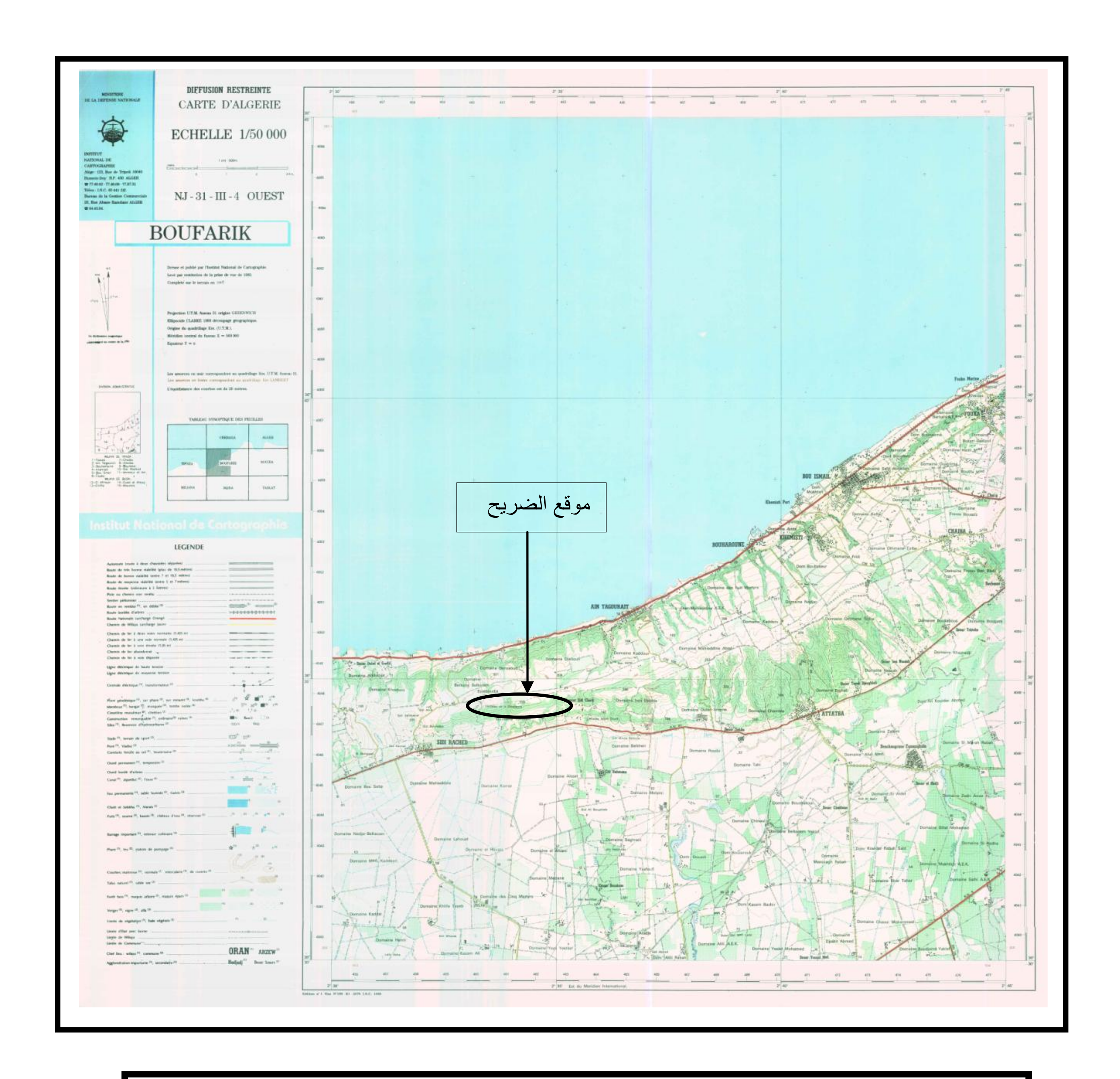
[11] منير (بوشناقي)، **الضريح الملكي الموريطاني**، تعريب عبد الحميد (حاجيات)، الجزائر، 1979م، ص 07



شكل رقم (02): خريطة تبين الموقع الجغرافي للضريح الملكي الموريطاني

Dans : Jean-Marie Blas De Roblès, Claude Sintes, sites et monuments antiques de l'Algérie, p 18

أما فلكيا فيقع الضريح بين خطي طول 2° و 35' شرقا و 2° و 30' غربا، وبين دائرتي عرض 36° و35' شمالا و 36° و 30' جنوبا كما يوضحه الشكل رقم (03).



شكل رقم (03): خريطة طبوغرافية لمنطقة بوفاريك – تيبازا تبين موقع الضريح الملكي الموريطاني

عن : المعهد الوطني للخرائط و الإستشعار عن بعد

2 2 المعطيات الطبيعية للمنطقة:

يقع الضريح الملكي الموريطاني على رأس إحدى مرتفعات الساحل تعلوا سطح البحر بمقدار 261 م، يحده من الشمال البحر الأبيض المتوسط و من الجنوب سهل متيجة و من الغرب مدينة تيبازا و جبل شنوة ، كما تتوفر المنطقة على عدد هام من المقالع الحجرية أهمها في بيرار و عين الغيران.[12]

تقدر المساحة الإجمالية لو لاية تيبازا بـ 1707 كم^2 تتوزع كالآتي: 336 كم^2 من الجبال (ما يعادل 20 % من المساحة الإجمالية)، 577 كم^2 من الهضاب (34%) و784 كم^2 من السهول (46%).[13]

من خلال الشكل رقم 03 و الذي يمثل خريطة طبوغرافية لولاية تيبازا نلاحظ أن المنطقة الجبلية تتميز بالغابات الكثيفة والنباتات الشوكية التي تتواجد في الجهات المختلفة المحيطة بالضريح نظرا للمناخ السائد بالمنطقة الذي يتميز بوفرة الأمطار.

يلاحظ أن الجبال المتواجدة بالقرب من الضريح لا يتعدى ارتفاعها 266 م و بهذا فالضريح يشرف على المنطقة الساحلية بأكملها ، و في نفس الوقت عرضة لعوامل التلف الطبيعية المختلفة نظرا لموقعه في قمة الجبل ، و الضريح لا يبعد كثيرا عن الطريق الوطني رقم 67 من الجهة الجنوبية و الطريق الولائي رقم 40 من الجهة الغربية.

بالنسبة للشبكة المائية فما يميز المنطقة هو قربها من البحر الأبيض المتوسط بحيث لا يبعد الضريح سوى ب 5 كلم عن البحر و بهذا فهو عرضة للتأثيرات البحرية خاصة الرطوبة والأملاح، أما المصادر الأخرى للماء فهي قليلة نذكر منها واد مازافران، الناظور والهاشم.[14]

---

[12] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 101

[13] Bennacer (F), Harichane (N), op.cit, p 3

[14] ORGM, op .cit, p8

2 3 الدراسة الجيولوجية للمنطقة:

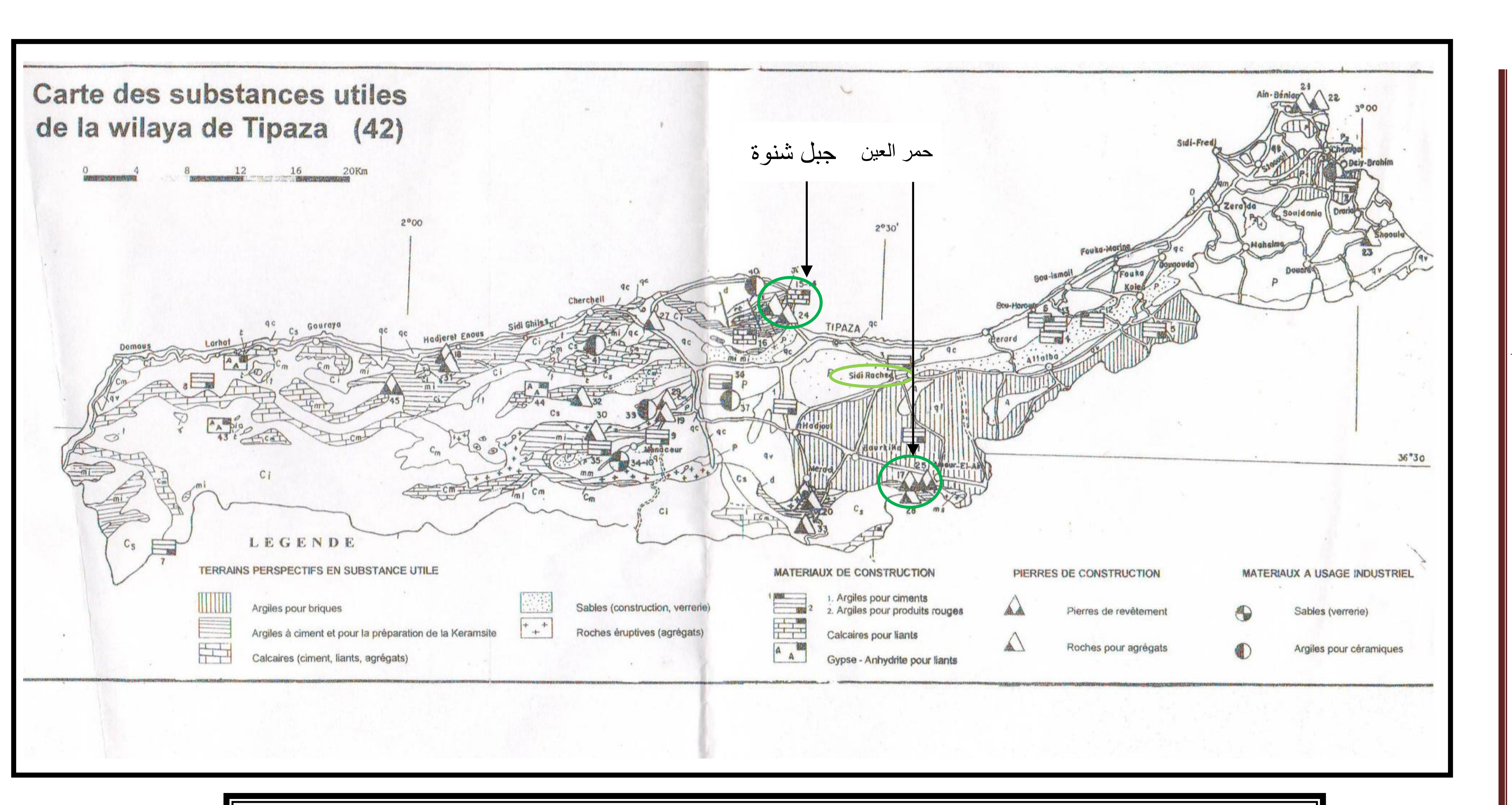
تتوفر الولاية على عدة أنواع من الصخور المستخدمة في البناء كالصخور الرسوبية (الحجارة الجيرية و الرملية)، الصخور المتحولة (الكوارتزيت) و الصخور النارية (الغرانيت، البازلت و الأنديزيبت)، واستعمال هذه الأنواع من الحجارة في البناء راجع إلى خصائصها الفيزيوكيميائية و الميكانيكية.[15]

إن الحجارة الجيرية ذات الجودة العالية و القساوة الكبيرة هي تلك التي ترجع إلى العصر الجوراسي بحيث تشكل كتل كبيرة مستقلة ضمن ترسيبات الكريتاسي و أكثرها استغلالا تلك المتواجدة في جبل شنوة، و هذا النوع من الحجارة يمكن استعماله كمادة خام للبناء أو لصناعة المواد الرابطة كالجير و الإسمنت[16]، و في الشكل رقم (04) توضيح لأهم المناطق القريبة من الضريح الملكي الموريطاني التي تتوفر فيها الصخور الجيرية.

---

15 ORGM, op .cit, p26

16 Idem, p13



شكل رقم (04): خريطة جيولوجية لولاية تيبازا موضحين عليها أهم مقالع الحجارة الجيرية المتواجدة بالقرب من الضريح الملكي الموريطاني

Dans : ORGM, Carte des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Tipaza

2 4 المناخ:

تتواجد ولاية تيبازا في منطقة مناخ البحر الأبيض المتوسط، معدل الحرارة فيها يقدر بـ 10°م في فصل الشتاء و 25°م في شهر أوت ، أما كمية التساقط فهي مختلفة حسب أشهر و فصول السنة و هي تتراوح ما ب ين 100إلى 140مم في شهر ديسمبر ومن 2 إلى 3 مم في شهر جويلية.[17]

2-4-1- الحرارة:

نظرا لموقع الولاية الذي يطل على البحر الأبيض المتوسط فإن درجات الحرارة تبقى نسبيا معتدلة مقارنة بالمناطق الداخلية و الصحراء إلا أنها تتغير حسب فصول السنة كما يوضحه الجدول رقم 01.

جدول رقم 01: المعدل الشهري لدرجات الحرارة المتوسطة (°م) لولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005 م	2006 م	2007 م	2008 م	معدل الحرارة
جانفي	11,5	12,3	14,2	14,1	13,0
فيفري	11,0	13,3	15,6	15,1	13,8
مارس	14,7	16,7	15,2	15,8	15,6
أفريل	17,8	19,3	17,5	19,4	18,5
ماي	21,5	21,4	21,6	20,0	21,1
جوان	24,8	23,2	24,4	23,4	24,0
جويلية	27,1	27,5	26,2	27,1	27,0

[17] ORGM, op .cit, p 8

أوت	26,8	27,3	27,7	28,0	27,4
سبتمبر	24,5	25,4	23,9	25,9	24,9
أكتوبر	22,7	23,8	21,5	22,3	22,5
نوفمبر	16,7	19,7	16,8	16,6	17,7
ديسمبر	13,5	14,4	13,7	12,8	13,6
المعدل السنوي	19,4	20,4	19,9	20,1	19,9

من خلال هذا الجدول نلاحظ أن درجات الحرارة تبلغ أقصاها في شهري جويلية وأوت أين تم تسجيل معدل الحرارة المتوسطة يصل إلى 28°م، في حين تنخفض لتصل إلى أدنى قيم لها في شهر جانفي أين تم تسجيل 11,5 °م فقط، و لتوضيح هذه التغيرات استعنا بمعطيات الجدول السابق و وضعها على شكل مخطط بياني كما يوضحه الشكل رقم (05).



شكل رقم (05): منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية تيبازا

و فيما يلي جدول رقم 02 الذي يمثل المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا بولاية تيبازا خلال سنوات 2005م، 2006م، 2007م و 2008م.

جدول رقم 02: المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا (°م) لولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005 م	2006 م	2007 م	2008 م	معدل الحرارة
جانفي	7,8	9,3	10,6	10,3	9,5
فيفري	7,2	9,5	11,5	10,5	9,7
مارس	10,8	12,7	10,7	11,3	11,4
أفريل	13,5	14,9	13,9	14,4	14,2
ماي	17,2	17,7	16,8	16,0	16,9
جوان	20,5	18,8	20,5	19,2	19,7
جويلية	22,8	22,7	21,8	22,8	22,5
أوت	21,9	22,9	22,7	23,6	22,8
سبتمبر	20,1	21,1	19,8	21,9	20,7
أكتوبر	18,3	19,5	17,4	18,2	18,4
نوفمبر	13,3	15,6	13,1	12,8	13,7
ديسمبر	10,7	11,7	10,7	9,9	10,7
المعدل السنوي	15,4	16,4	15,8	15,9	15,9

يلاحظ من خلال الجدول اختلاف درجات الحرارة من سنة إلى أخرى و قد سجلت أدنى قيمة لدرجة الحرارة في شهر فيفري خلال سنة 2005م أين تم تسجيل 7,2°م، وفي شهر جانفي خلال سنتي 2006م و 2007م أين تم تسجيل 9,3°م و 10,6°م على التوالي، بينما سجلت أدنى قيمة لدرجات الحرارة خلال سنة 2008م في شهر ديسمبر بحيث تم تسجيل 9,9°م، أما عن الدرجات القصوى فهي موضحة في الجدول رقم 03.

جدول رقم 03: المعدل الشهري لدرجات الحرارة القصوى (°م) لولاية تيبازا– عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	2005 م	2006 م	2007 م	2008 م	معدل الحرارة
جانفي	15,2	15,3	17,7	17,8	16,5
فيفري	14,8	17,1	19,7	19,6	17,8
مارس	18,6	20,7	19,6	20,3	19,8
أفريل	22,0	23,6	21,1	24,3	22,8
ماي	25,8	25,1	26,4	24,1	25,3
جوان	29,1	27,6	28,3	27,6	28,2
جويلية	31,3	32,2	30,5	31,5	31,4
أوت	31,7	31,7	32,6	32,3	32,1
سبتمبر	28,9	29,8	28,0	30,0	29,2
أكتوبر	27,0	28,0	25,5	26,3	26,7
نوفمبر	20,1	23,8	20,5	20,5	21,2
ديسمبر	16,4	17,2	16,8	15,8	16,5
المعدل السنوي	23,5	24,4	23,9	24,2	24,0

نلاحظ من خلال معطيات هذا الجدول أن درجات الحرارة تبلغ أقصا ها في شهر أوت في السنوات : 2005م، 2007م و 2008م حيث تم تسجيل 31,7°م، و 32,6°م و32,3°م على التوالي، بينما سجلت أقصى درجة حرارة خلال سنة 2006م في شهر جويلية و هي تقدر بـ 32,2°م.

2-4-2- الرطوبة النسبية:

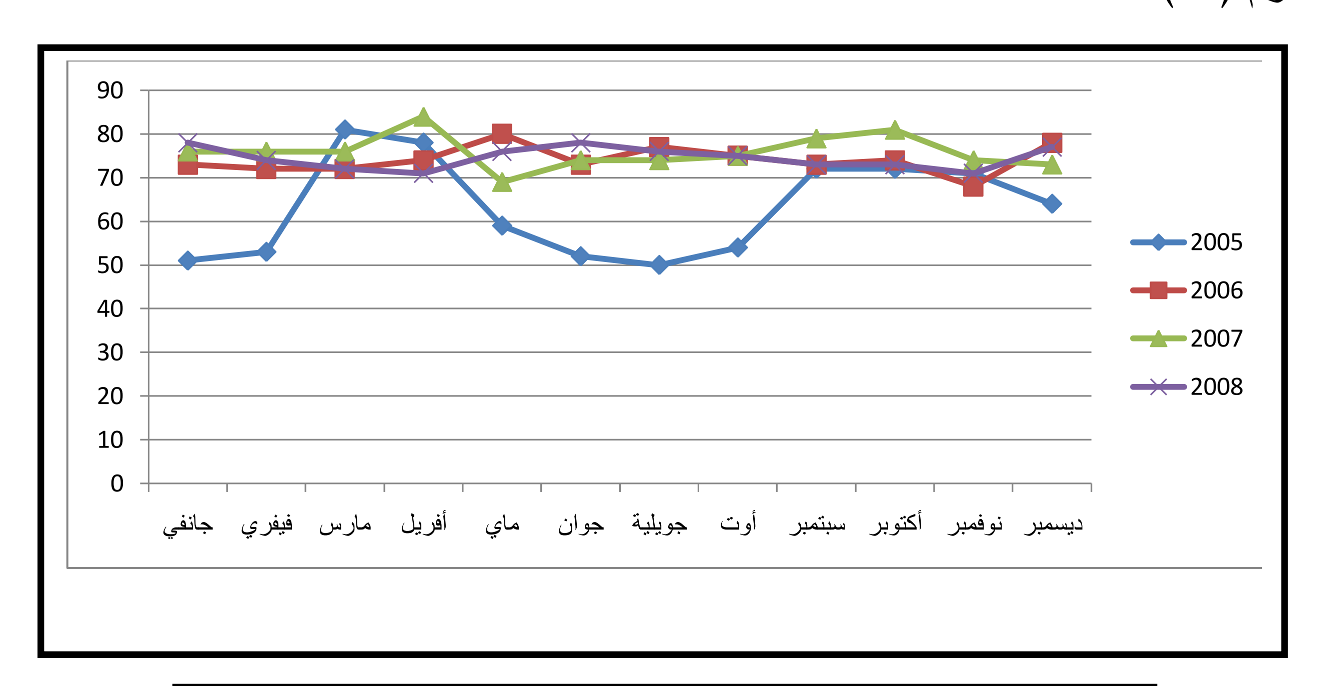
تتغير الرطوبة النسبية باستمرار من شهر لآخر و من سن ة لأخرى كما يوضحه الجدول رقم 04، و حسب معطيات هذا الجدول فإن منطقة تيبازا تمتاز بالجو الرطب إذ أن معدل نسبة الرطوبة النسبية فيها يكون دائما أعلى من 50%.

جدول رقم 04: المعدل الشهري للرطوبة النسبية ال متوسطة (%) لولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005م	2006 م	2007م	2008م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	51	73	76	78	70
فيفري	53	72	76	74	69
مارس	81	72	76	72	75
أفريل	78	74	84	71	77
ماي	59	80	69	76	71
جوان	52	73	74	78	69
جويلية	50	77	74	76	69
أوت	54	75	75	75	70
سبتمبر	72	73	79	73	74

أكتوبر	72	74	81	73	75
نوفمبر	71	68	74	71	71
ديسمبر	64	78	73	77	73
المعدل السنوي	63	74	76	75	72

نلاحظ من خلال هذا الجدول أن الرطوبة النسبية تتغير باستمرار و هذا ما يسبب في إتلاف أي مادة أثرية مهما تكن طبيعتها خاصة عندما يكون الفارق بين نسبتين متتاليتين كبير فمثلا في 2005م كانت نسبة الرطوبة النسبية في شهر فيفري تقدر بـ53% لترتفع في شهر مارس و تصل إلى 81% و لتوضيح تغيرات الرطوبة النسبية على مدار العام وضعنا معطيات الجدول السابق في منحنيات بيانية كما يوضحه الشكل رقم (06).



شكل رقم (06): منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة بولاية تيبازا

و فيما يلي جدول رقم 05 الذي يمثل المعدل الشهري للرطوبة النسبية الدنيا بولاية تيبازا خلال سنوات 2005م، 2006م، 2007م و 2008م.

جدول رقم 05: المعدل الشهري للرطوبة النسبية الدنيا (%) لولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005م	2006م	2007م	2008م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	66	60	61	65	63
فيفري	70	56	61	58	61
مارس	71	52	58	55	59
أفريل	68	55	68	55	61
ماي	23	66	51	62	50
جوان	9	55	58	64	46
جويلية	9	61	52	60	46
أوت	10	59	57	62	47
سبتمبر	58	54	61	57	57
أكتوبر	57	56	65	57	59
نوفمبر	59	51	59	54	56
ديسمبر	39	64	60	65	57
المعدل السنوي	45	57	59	59	55

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن الرطوبة النسبية تصل إلى أدنى قيم لها خلال شهري جوان و جويلية في سنة 2005م أين سجلت رطوبة نسبية تقدر بـ 9%، أما في سنة 2006م فقد سجلت أدنى نسبة للرطوبة النسبية في شهر نوفمبر و تقدر بـ51%، و كذلك في سنة 2008م سجلت أدنى ن سبة رطوبة نسبية في شهر نوفمبر و تقدر بـ54%، في حين سجلت أدنى نسبة رطوبة لسنة 2007م خلال شهر ماي والتي قدرت بـ51%.

أما عن الرطوبة النسبية القصوى فهي مسجلة في الجدول رقم 06.

جدول رقم 06: المعدل الشهري للرطوبة النسبية القصوى (%) لولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005م	2006م	2007م	2008م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	84	86	89	88	87
فيفري	88	85	88	86	87
مارس	92	87	90	85	88
أفريل	90	88	94	85	89
ماي	_	92	85	86	88
جوان	_	88	88	88	88
جويلية	_	91	89	87	89
أوت	_	88	88	86	87
سبتمبر	84	88	91	85	87
أكتوبر	84	89	82	84	87

نوفمبر	84	82	86	83	84
ديسمبر	84	90	83	85	85
المعدل السنوي	87	88	89	86	87

نلاحظ من خلال الجدول أن ولاية تيبازا تمتاز بارتفاع الرطوبة النسبية على مدار العام نظرا لمناخ المنطقة الذي يتميز بوفرة الأمطار في فصل الشتاء ، و ووقوعها بالقرب من البحر و بالتالي كثرة التبخر في فصل الصيف ، و قد بلغت الرطوبة النسبية أقصاها في سنة 2005م خلال شهر مارس والتي قدرت ب 92%، و في سنة 2006م سجلت أعلى رطوبة نسبية خلال شهر ماي و هي تقدر ب 92%، أما خلال سنتي 2007م و2008م فقد سجلت أعلى نسبة رطوبة في شهر أفريل و القي قدرت ب 94% و88% على التوالي.

2-4-3- التساقط:

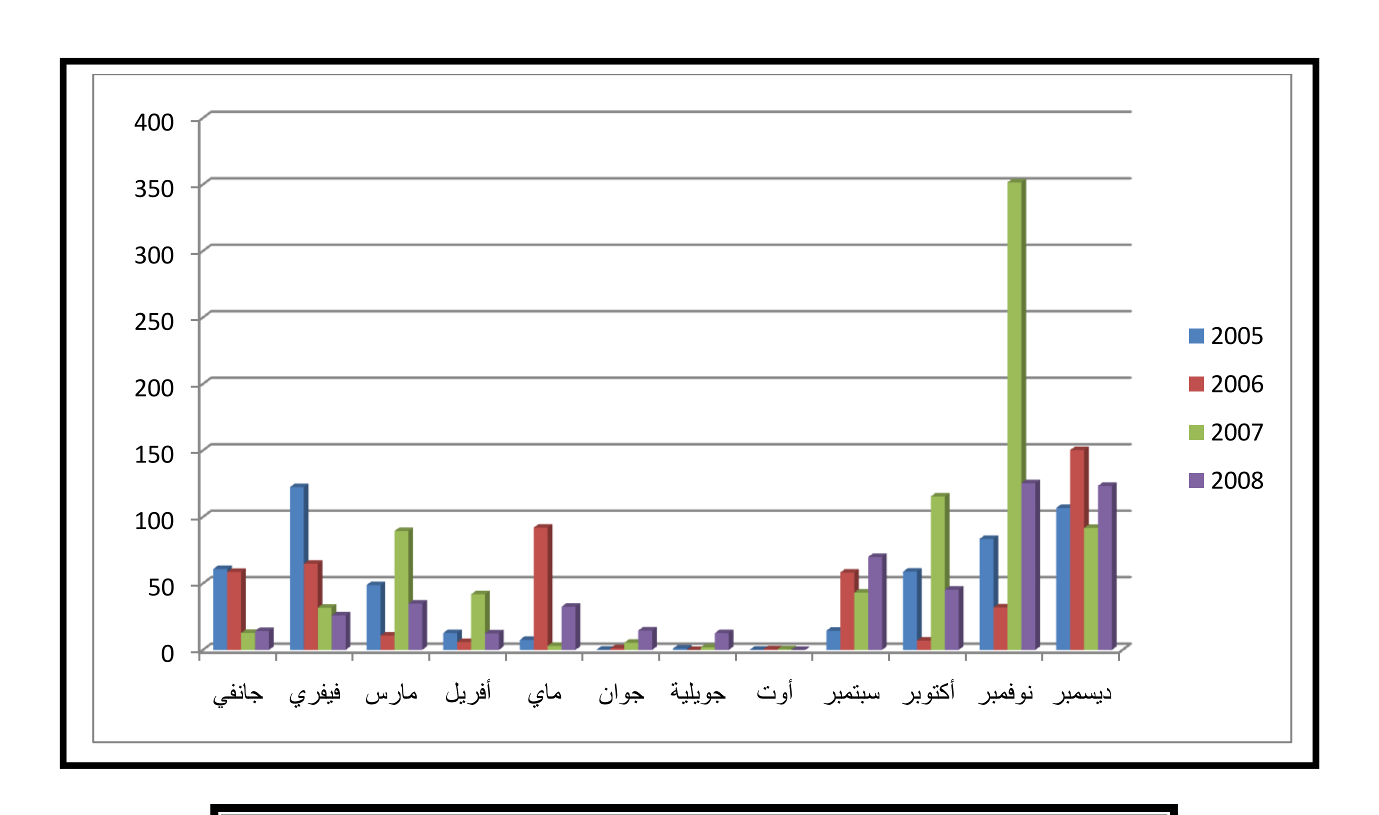
كمية التساقط تختلف من سنة إلى أخرى و هي جد معتبرة في ولاية تيبازا بحيث وصلت إلى 788,9 مم خلال السنة عام 2007م، و كانت في حدود 500 مم في السنوات الأخرى كما يوضحه الجدول رقم 07.

جدول رقم 07: كمية التساقط خلال الشهر (مم) بولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005 م	2006 م	2007 م	2008 م	معدل التساقط
جانفي	60,9	58,7	12,8	14,3	36,7
فيفري	122,4	64,8	31,8	25,9	61,2
مارس	48,8	10,8	89,4	34,8	46,6
أفريل	12,7	6,0	41,8	12,5	18,3
ماي	7,6	92,0	3,1	32,5	33,8
جوان	0,1	1,2	5,4	14,6	5,3
جويلية	1,1	0,0	2,0	12,7	3,9
أوت	0,1	0,6	0,6	0,0	0,4
سبتمبر	14,5	58,2	43,1	69,9	46,4
أكتوبر	58,8	7,0	115,4	45,3	56,6
نوفمبر	83,5	32,0	351,6	125,4	148,1
ديسمبر	106,8	150,3	91,7	123,4	118,0
كمية التساقط خلال السنة	517,3	481,6	788,9	511,3	574,8

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن كمية التساقط تتراوح بين 0,0مم و 351,6 مم و قد سجلت أعلى كمية تساقط في سنة 2005م خلال شهر فيفري و التي

قدرت بـ 122,4مم في حين أقل نسبة تساقط كانت في شهر جوان و أوت أين لم تتعدى 0,1مم، و في سنة 2006م كانت أعلى كمية تساقط خلال شهر ديسمبر أين بلغت 150,3مم في حين أقل كمية تساقط كانت في شهر جويلية أين كانت منعدمة ، وفي سنتي 2007م و2008م سجلت أكبر نسبة تساقط في شهر نوفمبر أين بلغت 351,6مم و 125,4مم على التوالي أما أقل كمية فقد سجلت في شهر أوت و هي تقدر بـ0,6مم و0,0مم على التوالي، و للتوضيح أكثر وضعنا معطيات هذا الجدول على شكل أعمدة بيانية كما يوضحه الشكل رقم (08).



شكل رقم (07): أعمدة بيانية تمثل نسبة التساقط خلال أشهر السنة بولاية تيبازا

2-4-4- الرياح:

سرعة الرياح ضعيفة كما يوضحه الجدول رقم 08، إلا أنها خطيرة على المعالم الأثرية خاصة الرياح الشمالية التي تكون محملة ببخار الماء (قرب الموقع من البحر)

الذي يحتوي على الأملاح الذائبة فيه و التي تترسب على حجارة البناء عندما تصطدم بها ثم يبدأ فعلها التخريبي.

جدول رقم 08:المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا) بولاية تيبازا- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2005م	2006م	2007م	2008م
جانفي	2,1	2,8	2,0	1,8
فيفري	2,6	3,0	3,2	2,3
مارس	1,9	3,0	3,8	3,9
أفريل	2,4	2,0	2,6	2,8
ماي	2,4	2,3	2,8	2,5
جوان	1,8	1,7	2,6	2,2
جويلية	2,1	1,6	2,6	1,6
أوت	1,5	2,5	1,8	2,2
سبتمبر	3,1	2,3	2,8	2,2
أكتوبر	2,7	2.0	2.6	2.2
نوفمبر	3,0	2,2	2,3	3,1
ديسمبر	3,0	2,7	2,3	2,9
خلال السنة	2,4	2,3	2,6	2,5

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن سرعة الرياح تختلف من سنة لأخرى ومن شهر لآخر و قد سجلت أعلى سرعة للرياح في سنة 2005م خلال شهر سبتمبر بحيث قدر المعدل الشهري لها بـ 3,1 م/ثا أما أدنى معدل فقد كان في شهر أوت و هو يقدر بـ 1,5م/ثا، و في سنة 2006م قد سجل أعلى معدل شهري لسرعة الرياح خلال شهري فيفري و مارس و قدر بـ 3,0 م/ثا أما أدنى معدل فقد كان في شهر جويلية و هو يقدر بـ1,6 م/ثا، و في سنتي 2007م و 2008م فقد سجل أعلى معدل شهري لسرعة الرياح خلال شهر مارس و قدر بـ 3,8 م/ثا و 3,9 م/ثا على التوالي، أما أدنى معدل فقد كان في شهري أوت و جويلية و هو يقدر بـ 1,8م/ثا و 1,6 م/ثا على التوالي.

3- الدراسة المعمارية للضريح:

3-1- وصف الضريح:

لقد أثبتت الدراسات الأثرية أن هذا الضريح عبارة عن بازينا كبيرة ذات القاعدة الأسطوانية، مغطاة بكساء من الحجر المنحوت المحكم البناء، حيث يشبه شكلها الخارجي بازينات فجر التاريخ [18]، يمكننا تقسيم البناء إلى قسمين رئيسيين هما: القسم الخارجي والقسم الداخلي.

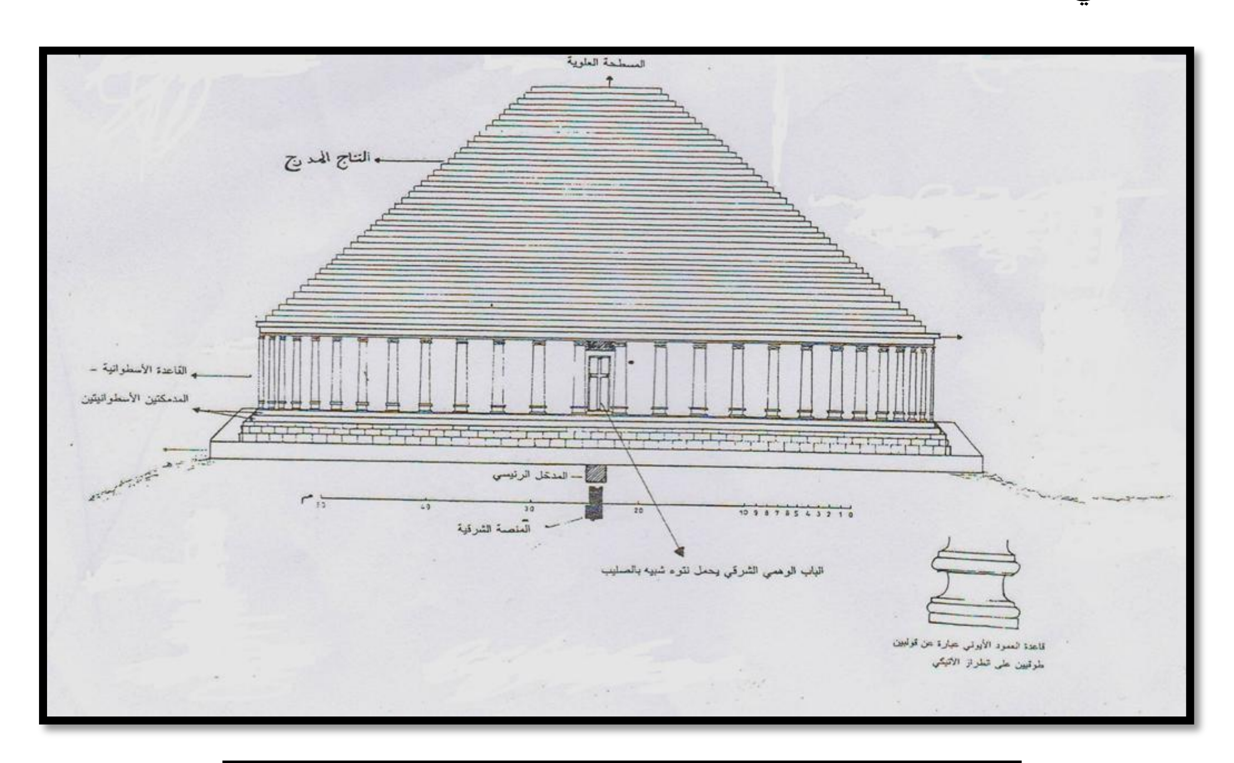
3-1-1- القسم الخارجي:

يحتوي على أربعة أجزاء أساسية: القاعدة، الجزء الأسطواني، الهرم المدرج والمبنى الأمامي، الإرتفاع الإجمالي للضريح يبلغ 33مترا و لربما أن المبنى كان يصل إلى 40 مترا إلا أنه لم يحفظ جيدا نتيجة التخريب الذي لحقه من طرف الباحثين عن الكنوز الذين استخدموا في عملهم حتى المدفع، كما أن سكان المنطقة قاموا بتجريد الكتل الصخرية من الرصاص الذي كان يضمن الربط بين الحجارة و بهذا صارت عرضة للتساقط [19]، والشكل

[18] - Camps (G), **aux origines de la béribérie monuments et rites funéraires protohistoriques**, Paris, p202, 203

[19] Gsell (S), **Histoire ancienne de l'Afrique du nord,** tome VI, 1972, p 266

العام للضريح ممثل في الشكل رقم (08) الذي يمثل إعادة تشكيل الضريح الملكي الموريطاني.



شكل رقم (08): إعادة تشكيل الضريح الملكي الموريطاني

عن: رابح (لحسن)،أضرحة الملوك النوميد و المور، ص347

أ -القاعدة:

شكلها مربع ، يبلغ طول الضلع الواحد 63,40م، و قد بنيت هذه القاعدة المبلطة فوق حجرية تتألف من حصباء صغيرة موصولة بنوع من الملاط مصنوع من تراب الناحية الأحمر [20]، تتشكل هذه القاعدة من 06 مداميك من الحجر المنحوت : إثنان مدفونين تحت الأرض فوقهما مدماكين آخرين فقدا كليا زواياهما في فترة غير معروفة ، بعدها وضع مدماك خامس أسطواني الشكل غائر عن المدماك الرابع بحوالي 0,04م ولإنهاء القاعدة وضع مدماك سادس أسطواني هو الآخر وغائر عن المدماك الذي يسبقه بـ 0,495م ويعتبر هذا المدماك بمثابة القاعدة التي وضع عليها الجزء الأسطواني ،

[20] منير (بوشناقي) ، مرجع سبق ذكره ، ص 08

واعتمادا على مقاييس هذه المداميك يبلغ ارتفاع القاعدة السفلى التي تبدأ من سطح الأرض إلى أسفل الأعمدة 2,52م.[21]

ب -الجزء الأسطواني:

يتكون هذا الجزء من 13 مدماك مبني بالحجر المنحوت ، و هذه المداميك تغطي حشوا داخليا مبني بالحجر المربع[22]، محيط دائرته يقدر بـ 185,50م و قطرها 60,90م، و قد زين هذا الجزء بـ 60 عمود من الطراز الأيوني تحمل إفريزا، من مميزات هذه الأعمدة أنها مزودة في قاعدتها بقولبين طوقيين مستديرين تدعى قواعد أتيكية، و هي كثيرة في رسوم الأنصاب الفينيقية للقرنين الثالث و الثاني قبل الميلاد [23]، أما عن التيجان فهي كذلك من الطراز الأيوني القديم وهي على نوعان: النوع الأول نجده يعلو 52 عمودا مزين من الأسفل بعقد مورد يضم من 4 إلى 8 ورقات تتوج الزهرة ، ويحمل في الأعلى زخرف يشبه حلزونتين تربط بينهما قناة تلتوي في الوسط نحو الأسفل كما هو م وضح في الشكل رقم (09)، التيجان الثمانية الباقية هي التي تعلو الأعمدة التي تؤطر الأبواب الوهمية الأربعة تحمل مثل النوع الأول زخرفين، وردي في الأسفل وحلزوني في الأعلى إلا أنه يتميز عنه باستقامة القناة التي تربط الحلزونتين و زخرفه الشبيه بسعف النخيل[24] كما هو موضح في الشكل رقم (10).

و فوق التيجا ن يمتد الكورنيش الذي يتشكل من مدما كين بارزين عن الكتلة الأسطوانية، السفلي أملس أما العلوي فيحمل نتوء في أعلاه لا يتجاوز 0,105م و على هاذين المدماكين ترتكز الدرجة الأولى من المخروط المدرج.[25]

---

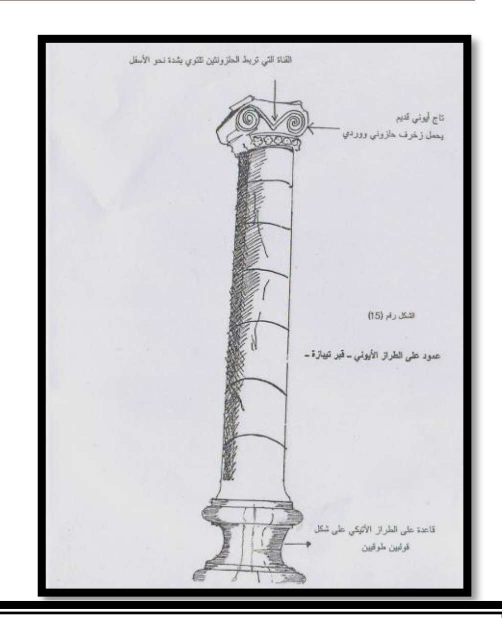
[21] Christofle (M), **le tombeau da la chrétienne,** Paris, 1951, p 15

[22] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 108

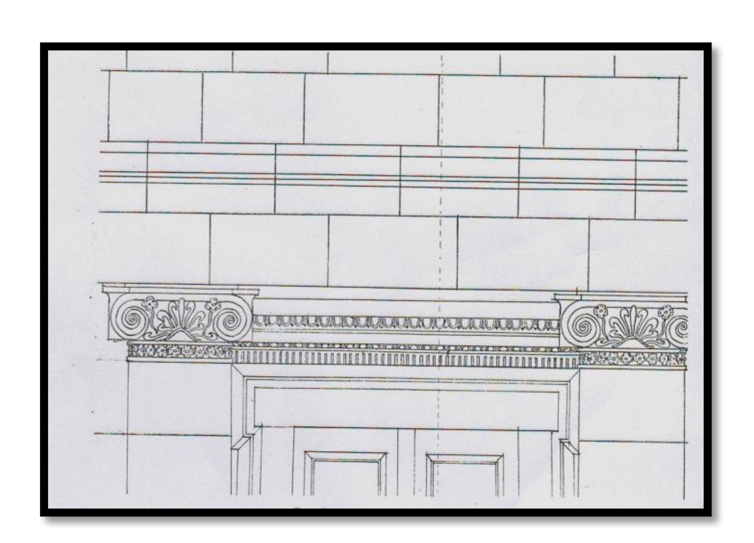
[23] منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 08

[24] Christofle (M), op.cit, p 21

[25] رابح (لحسن) مرجع سبق ذكره، ص 109



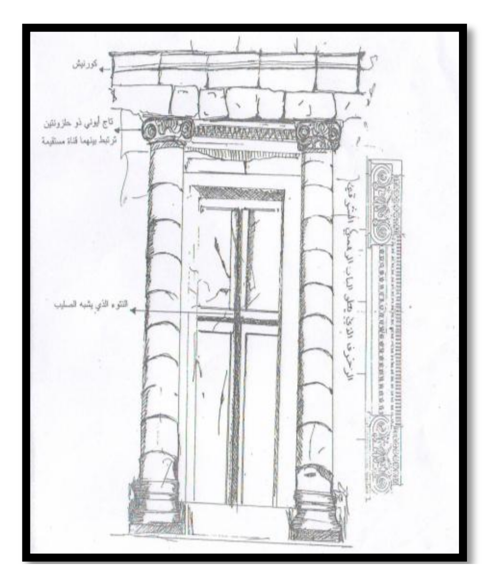
شكل رقم (09): العمود الأيوني في قبر الرومية
عن رابح (لحسن): أضرحة الملوك النوميد والمور، ص 34



شكل رقم (10): تيجان الأعمدة التي تؤطر الأبواب الوهمية في قبر الرومية
Dans : Christofle (M), p22

و يمتاز هذا الجزء بأربعة أبواب وهمية مقابلة للجهات الأربعة نحتت من الحجر الكلسي الصدفي الصلب، تحتوي على نقش بارز شبيه بالصليب[26] كما يوضحه الشكل رقم (11)، و من هنا جاء اسم قبر الرومية أو قبر النصرانية الذي عرف به الضريح، وفوق هذه الأبواب إفريز به زخارف إغريقية: صفوف زخارف بيضوية و لآلئ ومسننات[27]، يصل ارتفاع هذه الأبواب إلى 6,90 م غير أنه لم يبق من هذه الأبواب إلا الباب الشرقي الذي يرجع الفضل في ترميمه إلى كريستوفل ، أما الأبواب الشمالية والغربية فقد فقدت إطارها و لم يبق منها إلا الصفائح السفلى ، بينما الباب الجنوبي فلا نعلم ما هي الحالة التي وجده فيه بـوبروجير بعدما شق نفقا أسفله باتجاه الدهليز المستدير.[28]

[26] Christofle (M), op.cit, p 21, 22
[27] Gsell (S), **Histoire ancienne de l'Afrique du nord, tome VI,** op.cit, p 266
[28] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 110



الشكل رقم(11): باب وهمي تؤطره أعمدة و تيجان على الطراز الأيوني في قبر الرومية
عن: رابح (لحسن): أضرحة الملوك النوميد و المور، ص 344

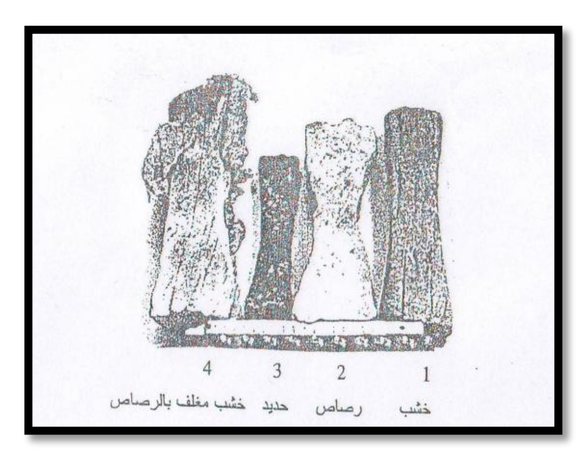
ت – الهرم المدرج :

يتشكل من 37 درج، ارتفاع كل منها 0,58م، و مبنية بالحجر المنحوت و ينتهي في قمته بمسطحة على شاكلة المدغاسن، و على عكس هذا الأخير نجد أن الضريح الملكي الموريطاني فقد العديد من مدرجاته بسبب أعمال التهديم التي استهدفته منذ مدة طويلة.[29]

و مما تجدر الإشارة إليه، أن أحجار الغطاء الخارجي للقبر ، من المدماك الأول للقاعدة المربعة إلى المدرج الأخير تشد بعضها البعض بواسطة م خالب ثنائية وضعت بشكل مناسب في فتحات التعشيق المنحوتة وجها لوجه في الحجارة، و لقد استخدم في بناء المعلم 04 أنواع من المخالب و هي:

- خشبية
- حديدية
- من الرصاص الخالص
- من الخشب المغلف بطبقة من الرصاص كما توضحه الصورة رقم (01)

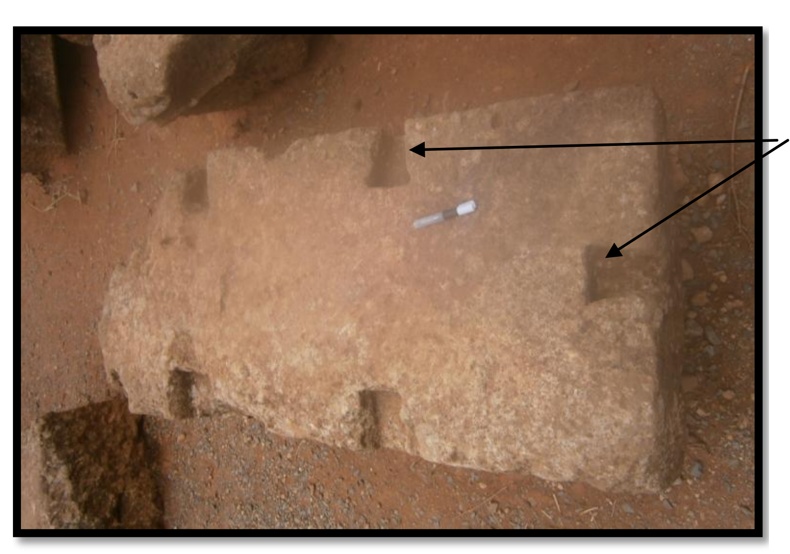
[29] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص110



صورة رقم (01): الأنواع الأربعة من مخالب التثبيت المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني
عن: رابح (لحسن)، أضرحة الملوك النوميد و المور، ص 345

بحيث لا يمكن رؤية هذه المخالب من الخارج، فهي مغطاة تماما بالحجارة التي وضعت فوقها، إذ لا يمكن نزعها إلا بقلب الأحجار الواحدة تلوى الأخرى أو تكسير زواياها.[30]

أما كريستوفل فيذكر أنه تم استعمال ثلاث أنواع فقط من المخالب و هي : من الحديد، من الرصاص و أخيرا من الخشب المغلف بالرصاص[31]، و لا تزال آثار أماكن وضع هذه المشابك واضحة في الحجارة كما توضحه الصورة رقم(02).



أماكن وضع المشابك

صورة رقم (02): أماكن وضع المشابك لشد الحجارة مع بعضها
عن الطالبة (2014م)

[30] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 111

[31] Christofle (M), op.cit, p 23

ث -المبنى الأمامي:

يتواجد في الجهة الشرقية من القبر ، و على مسافة 3,37 م من أمام المدخل الرئيسي، و هو عبارة عن آثار مسطحة واسعة مبلطة كما توضحه الصورة رقم (03) يبلغ طولها من الشرق إلى الغرب 7,75 م و عرضها 2,70 م، أشار إلى وج وده لأول مرة بربروجير سنة 1865م، و لم يبقى منها اليوم إلا القاعدة المبلطة و بعض الأحجار التي تشكل المداميك السفلى لجد ران البناء، إن مثل هذه المنصات معروفة كثيرا في المعالم الجنائزية القديمة، حيث نصادفها أيضا في الأضرحة الكبرى مثل المدغاسن بباتنة والجدار بتيارت، و لا شك أن دوره لا يعدو أن يكون إلا جنائزيا، فمن المحتمل جدا أن له علاقة وطيدة مع إقامة مراسيم دفن الأموات أو الإحتفالات الدينية، وبناءا على هذا لا يستبعد أن يكون قد استعمل كمذبح، أو عرض القرابين أو كأرضية لاستقبال المرمدة أو جثة الميت في انتظار تهيئة باب المدخل الرئيسي.[32]



صورة رقم (03): المبنى الأمامي في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2016م)

و فيما يلي ملخص لمقاسات الضريح الملكي الموريطاني المقدمة من طرف هنري بامار و التي نشرت في المجلة الإفريقية لسنة 1920م:

طول ضلع القاعدة: 63,94 م

إرتفاع القاعدة : 1,59 م

[32] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص111

قطر الجزء الأسطواني: 61,06 م

قطر الضريح عل مستوى الكرنيش: 63,08 م

إرتفاع الأبواب الوهمية: 5,25 م

إرتفاع الأعمدة (من القاعدة إلى التاج): 6,76 م

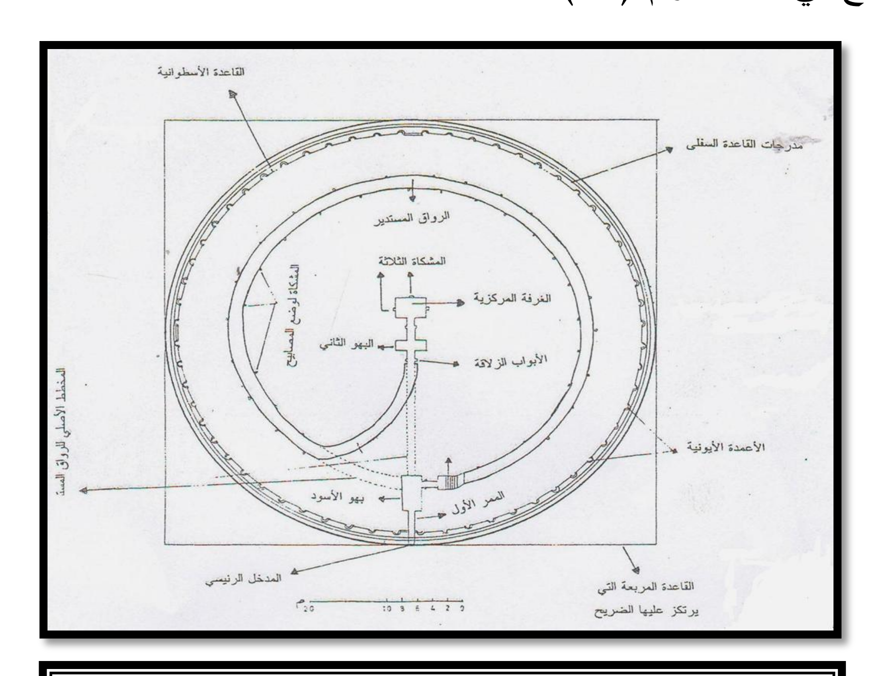
المسافة بين الأعمدة (من المحور إلى المحور): 3,176 م

إرتفاع المعلم: 30,14 م

بالنسبة للقياس الأخير (الإرتفاع الإجمالي للمعلم) فهو غير مؤكد إذ يحتمل أن تكون هناك بعض المداميك المفقودة.[33]

3-1-2- القسم الداخلي:

يتكون من المدخل الرئيسي، الممرات، البهاوي، الرواق المستدير و الغرفة الجنائزية كما هو موضح في الشكل رقم (12).



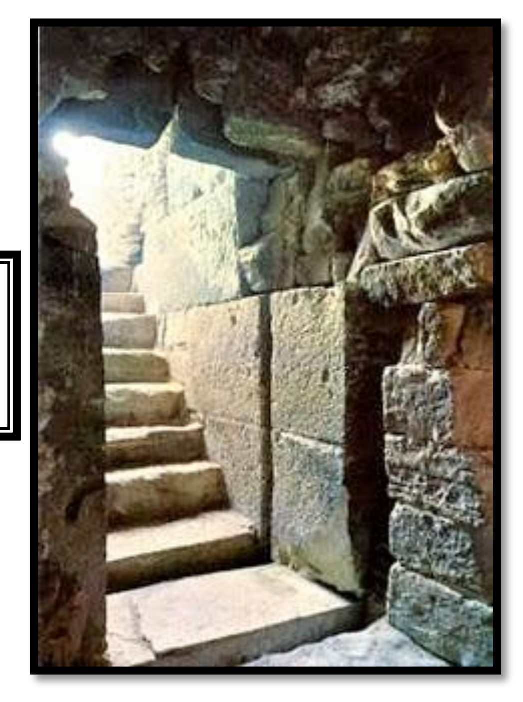
شكل رقم (12): مخطط القسم الداخلي للضريح الملكي الموريطاني

عن: رابح (لحسن)، أضرحة الملوك النوميد و المور، ص347

[33] Pamart (H), « étude sur le MADRACEN (tombeau de Syphax) et le KEBEUR ROUMIA (tombeau de la chrétienne), dans : **revue Africaine**, n° 61, Alger, 1920, p285

أ -المدخل الرئيسي:

يقع هذا المدخل أسفل الباب الوهمي الشرقي، و قد وجده بربروجير في 5 ماي 1866م [34] و قد كان مغلقا بواسطة صخرتين من الحجر المنحوت متساويتا الأبعاد وموضوعة الواحدة تلوى الأخرى، بحيث لا تتميز عن الجدار الخارجي إلا بفواصلهما التي أقيمت بشكل متطابق و ليس متعاكس مثل باقي أحجار البناء ، و على الرغم من هذا لا يمكن التعرف عليهما إلا بتدقيق النظر في تنضيد الفواصل[35]، و هذا المدخل موضح في الصورة رقم (04).



صورة رقم (04): المدخل الحقيقي في الضريح الملكي الموريطاني
Dans : Bennacer (F), Harichane (N), Etude pour la réalisation d'un circuit touristique au mausolée royal de Mauritanie, p 6

يرى بعض المؤرخين أن مهندسو الضريح لم تكن نيتهم إخفاء المدخل ، بدليل بساطة بنائه و وقوعه في الجهة الشرقية مقابل المبنى الأمامي، و يبدو أن غلق مداخيل القبور أو الأضرحة عادة معروفة منذ القدم فهي تجسد حقا رغبة الأحياء في حماية موتاهم من كل ما يمكن أن يعكر صفو حياتهم الأخروية ، كعوامل الطبيعة و انتهاكات الحيوان والإنسان.[36]

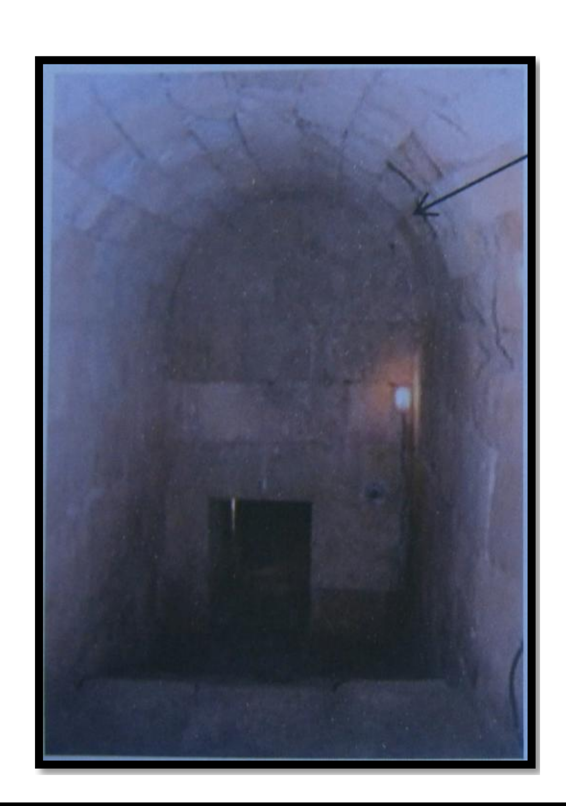
[34] Christofle (M), op.cit, p24

[35] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 112

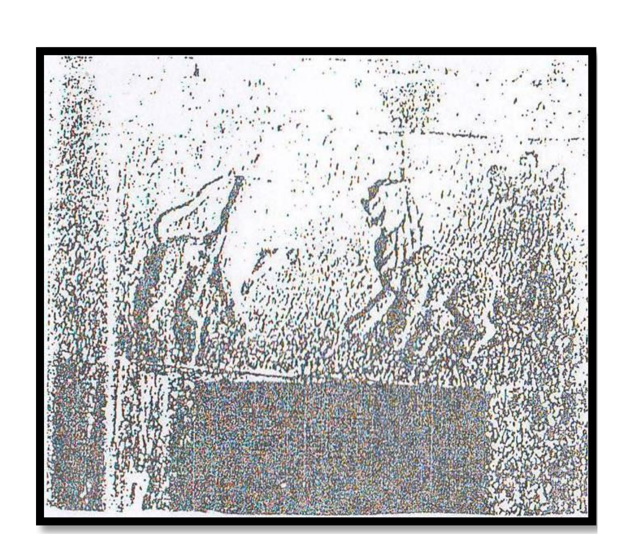
[36] نفسه، ص 112

ب -الممر الأول و بهو الأسود:

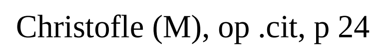
بعد المدخل الرئيسي نجد ممر ضيق و منخفض عرضه 0,83م، ارتفاعه 1,25م وطوله 4.85م و مغلق من كلا الطرفين ببلاطتين سمك الواحدة حوالي 0,14م، يصل هذا الممر إلى البهو الأول الذي يسمى "بهو الأسود "، و هو موجه من ا لشرق نحو الغرب طوله5,33م، ارتفاعه 3,20 م و عرضه 2,52م أرضيته مبلطة بحجارة منحوتة مستطيلة و سقفها مقبب كما توضحه الصورة رقم (05)، و قد سمي ببهو الأسود نسبة إلى الزخرفة الناتئة التي تمثل أسد و لبؤة فوق عتبة هذا البهو[37] كما توضحه الصورة رقم(06)، ولعل القدماء كانوا يعهدون إلى هذه الحيوانات بمهمة حراسة الضريح و تكثر هذه الصور في آثار الشرق الأدنى القديمة.[38]



صورة رقم (05): بهو الأسود بقبر الرومية
Dans : Bennacer (F), Harichane (N), Etude pour la réalisation d'un circuit touristique au mausolée royal de Mauritanie, p 10



صورة رقم (06): نقش يمثل أسد و لبؤة في بهو الأسود بقبر الرومية
عن رابح(لحسن): أضرحة الملوك النوميد والمور، ص345

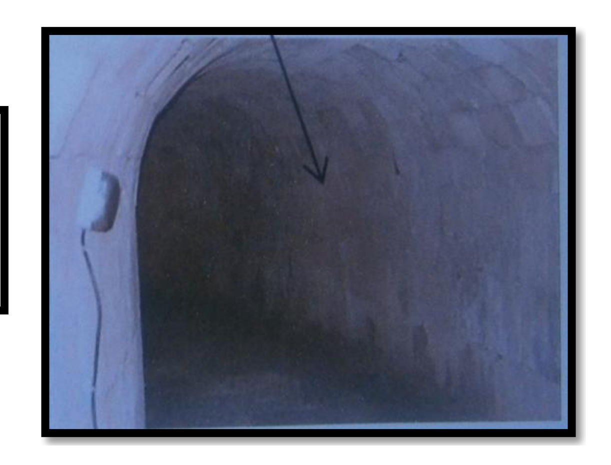
[37] 
Christofle (M), op .cit, p 24

[38] منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 12

في الجهة المقابلة للمدخل في آخر البهو، أي في الجدار الذي يمثل عرض البهو نجد آثار تدل على حفرية عشوائية في فترة غير معروفة، أين تم حفر نفق يتجه إلى مركز الضريح، طوله حوالي 6,50م.[39]

ت -الممر الثاني و الرواق المستدير:

بعد بهو الأسود نجد ممر عرضه 0,84م و طوله لا يتجاوز 2,08م، أما ارتفاعه فيبلغ 1,235م إلى 0,54م ينتهي بسلم من 7 درجات، بعد صعود هذه الأدراج نصل إلى الرواق المستدير الذي يبلغ طوله أكثر من 140م و عرضه 2,05م و ارتفاعه 2,40م أرضيته مبلطة مثل البهو الأول بحجارة منحوتة غير متساوية الأبعاد فواصلها موجهة شمال-جنوب و شرق- غرب و سقفه مقبب كما توضحه الصورة رقم (07)، ولعله كان يضاء بمصابيح كانت توضع في 51 مشكاة منحوتة في الحائط تبعد الواحدة عن الأخرى مسافة 3أمتار، نجد 26 منها على الجدار الأيمن و 25 فقط من الجدار الأيسر نظرا لوجود حفرية في مكان تواجد المشكاة المفقودة [40]، تدل آثار الدخان الذي يظهر فوق بعضها على وجهتها الحقيقية إذ من المحتمل جدا أنها كانت تحمل مصابيح صغيرة لإنارة الرواق و هذا أثناء إقامة مراسيم دفن الميت أو الإحتفالات الدينية.[41]



صورة رقم (07): جزء من الرواق المستدير في قبر الرومية
Dans : Bennacer (F) , Harichane (N) , Etude pour la réalisation d'un circuit touristique au mausolée royal de Mauritanie, p 10

---

[39] Christofle,op.cit,p24,29
[40] Idem, p29
[41] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 114

و قد بني هذا الرواق على ا لسطح المربع الذي يحمل القبر كله ، بينما يقع بهو الأسود في طبقة سفلى، أما الرواق فهو ذو شكل مستدير ، و يدور من الجهة اليمنى نحو اليسرى، ليرسم دائرة تكاد تكون تامة ، حيث يبتدئ من الباب الشرقي ثم يمر من الأبواب الوهمية الشمالية و الغربية والجنوبية، و بعده يتجه نحو مركز البناء حيث يصل إلى باب موجه نحو الشرق [42].

أما كامبس فيرى أن التحول الذي طرأ على استدارة الرواق ربما يكون قد تزامن مع بناء الضريح، بدليل أن آثار المخطط الأول لازالت مرسومة بداخله و هي تؤكد استدارة الرواق حول الغرفة المركزية.[43]

ث – البهو الثاني و الغرفة الجنائزية:

ينتهي الرواق المستدير إلى ممر ثالث عرضه 1م، طوله 2,02م و إرتفاعه 1,25م يؤدي إلى غرفة مستطيلة موجهة شمال جنوب عرضها 1,51م، طولها 4,04 م و ارتفاعها 2,73م بنيت جدرانها و أرضيتها بالحجر المنحوت و هيئ سقفها على شكل قوس نصف دائري ، بعدها نجتاز ممرا رابعا و أخيرا عرضه 1,01م، طوله 3,50م وارتفاعه 1,25م يؤدي إلى غرفة أخيرة مستطيل ة موجهة شمال جنوب طوله ا 4,04م وعرضها 3,06م و ارتفاعها 3,43م، في وسط كل الجدران الثلاثة للغرفة : شمال، غرب و جنوب نحتت على ارتفاع 1,50م مشكاة مقوسة ارتفاعها 0,41م و عرضها 0,26م وعمقها يقدر ب0,25م.[44]

و مما يجدر ذكره أ ن أرضية القسم الداخلي (الممرات، البهاوي، الرواق المستدير والغرفة المركزية) مبلطة بالحجارة المنحوتة بطريقة رائعة ، تشبه كثيرا تبليط الطرق الرومانية، حيث تم تفريض الحجارة من إحدى الجهات بشكل يجعلها تندمج مع بعضها

---

[42] منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 13

[43] Camps (G), op. cit, p 203

[44] Christofle(M), op .cit, p29

البعض دون أن يكون هناك فضاء واسع بينه ا، كما بني جدار التكسية الخارجية بإحكام أيضا فبالإضافة إلى الحجارة المنحوتة التي كانت تشد شدا وثيقا بواسطة مخالب التثبيت الغائرة في فتحات التعشيق ، يمكن استبانة دقة الصنع بالنظر إلى مواصل الصخور والشكل العام الذي يظهر من ترتيبها.[45]

أما مادة البناء المستعملة في بناء الضريح الملكي الموريطاني فتذكر المراجع أن بناؤو الضريح استعملوا نوعان رئيسيان من الحجر هما:

- الكلس الصدفي الصلب الذي استخدم في بناء الجدران
- الفليس (Tuf) الذي استعمل لحشو الضريح

و يوجد هذان النوعان بكثرة في المناطق المجاورة، أين تكثر المقالع الحجرية في جبل شنوة و المرتفع الساحلي و الهضاب المحاذية له ، أهمها في بيرار التي تبعد ب 6 كلم عن الموقع، و عين الغيران التي لا تبعد عن الضريح إلا بـ 1500 م غربا.[46]

3-2- التأثيرات الأجنبية على الضريح:

تشييد هذا النوع من الأضرحة يرجع إلى أصول هندسية خاصة بشمال إفريقيا، إلا أننا نلاحظ زيادة على ذلك في الضريح الملكي نوعا من التفنن في الهندسة و النقوش والزخرفة يشهد على تأثيرات خارجية ، حيث يذكر منير بوشناقي في كتابه أن ه قد تمت مقارنة شكل زخرف الأبواب الوهمية بشكل زخرف نصب فينيقي بدلس و هذا يبعثنا إلى ضرورة الرجوع إلى الآثار الفينيقية لفهم بعض ال مظاهر الزخرفية للمبنى ، أما تيجان الأعمدة في القبر ، فهي ت نتمي إلى تاج العمود الأيوني الإغريقي (القرن الرابع قبل الميلاد) بحيث تحتوي على حلزونتين متصلتين بواسطة قناة، تحتها عقد ورود ، أما قواعد

[45]رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 115

[46] نفسه، ص107

الأعمدة التي تحتوي على قولبين طوقيين مستديرين فتسمى "قواعد اتيكية" و هي كثيرة في رسوم الأنصاب الفينيقية للقرنين الثالث و الثاني قبل الميلاد.[47]

4- تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة:

4-1 - الدراسات و الأبحاث السابقة:

لقد تساءل الناس كثيرا، في شتى الأزمنة، حول حقيقة هذا الأثر التاريخي، و لغاية اليوم لا يزال يحتفظ بسره.

النص القديم الأول الذي وصل إلينا عن هذا الضريح يعود لمؤلف لاتيني يدعى بومبنيوس ميلا (Pomponius Mila) في كتابه De situ orbi يرجع تأليفه إلى حوالي 40 بعد الميلاد، أي إلى عهد إستيلاء الرومان على مملكة موريطانيا و تحويلها إلى ولاية رومانية، بحيث يقول بومبنيوس ميلا في الفصل السادس (ورقة 30) من كتابه: "يول (شرشال) على شاطئ البحر، مدينة كانت قديما مجهولة و أصبحت الآن مشهورة، بما كانت عاصمة الملك يوبا ، و باسم قيصرية الذي تدعى به، و يليها من هنا بلدتك كرطينا (تنس) و أرسناريا و قصر كويزا، ثم خليج لاتوروس، و نهر سردابال ، و من هنا الضريح العام للأسرة الملكية، ثم إكوزيوم ".[48]

يتضح لنا من خلال النص أن هدف الكاتب كان وصف و إحصاء المراكز والمدن الساحلية الهامة، و مع ذلك نجده يذكر لأول مرة ضريح في هذه المنطقة ، من دون شك نظرا لشهرة هذا المعلم و ذيع صيته في تلك الفترة، إلى جانب هذا فوقوعه في قمة جبلية تشرف على البحر و ضخامة شكله الهندسي لم يكن ليصعب على أحد مشاهدته من بعيد.[49]

[47]منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص19،20

[48]نفسه، ص 16

[49]رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص103

و لقد أجريت منذ زمن طويل ، أبحاث أثرية بدأت بشكل فردي، ثم أخذت طابعا رسميا، كما صدرت كتب عديدة حول الضريح الملكي و سواء أكانت تآليف خيالية أو أبحاث علمية فإنها كلها تحاول كشف القناع عن سره، حيث تحدث عنه الجغرافي العربي البكري في كتاب المسالك و الممالك.[50]

بعد هذا لم يرد في النصوص التاريخية و الأدبية ذكر هذا الضريح، و كان لا بد من الانتظار حتى بداية القرن السادس عشر ، و هي الفترة التي شهدت احتدام الصراع بين الأتراك العثمانيين و الإسبان حول النفوذ في الحوض الغربي للمتوسط ، أين نجد إشارة عابرة له جاءت في رسالة بعث بها أمير تنس سنة 1516م إلى حليفه الجنرال الإسباني كاستيلا ن(Castillan) بمناسبة الحملة العسكرية التي كان ينوي الحاكم الإسباني دييغو (Diego) القيام بها ضد الجزائر، و تقول الرسالة :"... إن الموقع الواجب الإستيلاء عليه يمتد من وادي شلف إلى قبر الرومية... "[51]

و في نفس الفترة نجد عند مارمول (Marmol) وصف للضريح الموريطاني ، حيث يقول في مذكرته المدونة سنة 1573م:" ...هذا عبارة عن قبة مرتفعة جدا يسميه العرب قبر الرومية أي قبر روماني ، أما المسيحيين الذين لا يحسنون النطق بالعربية يسمونه كابا رومية (Caba Romia) و يقولون أسطوريا أن بداخله دفنت لاكافا (La Cava) بنت الكونت الإسباني ، تبدو هذه القبة عالية حيث نرى من على قمتها سهل متيجة، بني بحجارة كبيرة و مغلق من كل الجهات ، و في سنة 1555م أراد صالح رايس باشا الجزائر تحطيمه معتقدا في وجود كنوز بداخله، غير أن العمال المسيحيين لم يتمكنوا من مواصلة العمل، إذ سرعان ما برزت من المعلم زنابير س وداء كبيرة و شديدة اللدغ، من تمكنت منه قضت عليه، مما وضع حدا لهذه المحاولة"[52]

---

[50]منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص09

[51]رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص104

[52] نفسه، ص 104، 105

بعد مارمول بحوالي قرنين من الزمن أشار الرحالة الإنجليزي د . توماس شاو إلى هذا الضريح، حيث يقول: "قبر الرومية أي قبو روماني أو قبر المرأة المسيحية ، يقع في منطقة جبلية على الساحل على بعد 7 أميال جنوب تفساد (تيبازا)، و حسب الإكتشافات المتأخرة فهو معلم متماسك مبني بالحجر المنحو ت الجيد، إرتفاعه حوالي 20 قدما. إن شكل هذا البناء و ما قيل عنه أنه بني فوق كنز جعل الأتراك يسمونه مالتا باسي Maltapasy، أو كنز خبز السكر يفتقد إلى قمته و عدة أقسام منه بسبب أع مال الحفر التي قام بها الباحثون ، لكن مع ذلك يبقى ارتفاعه كافيا لأن يكون معلما يهتدي به البحارة ... بالنظر إلى جمال البناء و المواد المستعملة فيه فإن هذا المعلم سابق للغزوات الإسلامية، و إنه الضريح الذي يجعله ميلا بين إيول و إيكوزيوم و الذي يعد قبر عائلة الملوك النوميديين ..." [53]

4 -2 - التنقيبات الأثرية و الترميمات السابقة:

من الواضح أن ضخامة الضريح ووقوعه في قمة جبلية مرتفعة و معزولة جعلت الناس عبر الأز منة ينسجون حوله أساطير عجيبة ، تضمنت في مجملها الحديث عن وجود كنوز و أشياء ثمينة مدفونة بداخله يصعب العثور عليها ، و هو ما يفسر الأنفاق التي حفرت أسفل البناء منذ زمن بعيد.[54]

و قد ذاعت هذه الأساطير بين الناس ، إلى حد أن الأتراك الحا كمين للبلاد، كانوا على علم بها ، و قد أقدم الباشا صالح رايس سنة 1555م على تدمير هذا الضريح العتيق، عساه يجد في أنقاضه الكنوز التي كان يتحدث عنها الخاص و العام ، واستعمل المدفع لذلك فلم يصل إلى أكثر من إلحاق بعض الأضر ار بالباب الوهمي بالجهة الشرقية. [55]

---

[53] رابح (الحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 104، 105

[54] نفسه رابح ، ص 105

[55] منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 10

و في القرن الثامن عشر أمر الداي بابا محمد ب إجراء حفريات قصد البحث عن الكنوز، و يحكى أن العمال الذين استخدمهم لذلك لم يستطيعوا متابعة عملهم إذ طردتهم براغيث كبيرة، و تذكر مصادر أخرى أن آمال الداي لم تتحقق و أن العمال لم يعودوا إلا بقطع الرصاص التي تصل بين الحجارة .[56]

الحفريات المنظمة الأولى أجريت تحت إشراف أدريان بربروجير Berbrugger من سنة 1855م إلى 1866م، على نفقة الإمبراطور نابليون الثالث و كان بربروجير أنذاك مفتشا عاما للآثار التاريخية و المتاحف الأثرية بالجزائر[57]، حيث يرجع له الفضل في اكتشاف المبنى الأمامي ، المدخل الرئيسي و المدفن القبوي ، و لقد وجد هذ ا القبو فارغا من كل أثاث جنائزي ، بل على العكس تبدو آثار النهب واضحة من خلال الأبواب الزلاقة التي تعرضت كلها للكسر.[58]

و في الفترة الممتدة مابين 1912م إلى 1950م أجرى كل من بالو (Ballu) وكريستوفل (Christofle) أعمال ترميم هامة شملت واجهة الجدار الخارجي و المخروط المدرج، و على هامش هذه الأشغال قام هذا الأخير بدراسة هامة شملت مختلف عناصره المعمارية و أشكاله الهندسية، و قد جرت أعمال الترميم التي قام بها هذان المهندسان على مرحلتين : الأولى تمتد من 1912م إلى 1918م تم تكريسها لرفع الأنقاض عن محيط القبر و داخله، و الثانية من1918م إلى 1950م و تم تخصيصها للبناء والترميم، ويمكن تلخيص نتائج هذه الأشغال كالآتي:

- البحث عن الأحجار المناسبة للترميم، فقد فقد العديد من أحجاره، و من المحتمل أنها نقلت إلى وجهات بعيدة أو استعملت لأغراض نفعية من طرف السكان المجاورين.

[56] منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 11

[57] نفسه، ص11

[58] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 106

- إعادة تشكيل التكسية الخارجية لا سيما الجهة الشرقية، أين تم ترميم الباب الوهمي الشرقي، و إعادة بناء الأعمدة مع تيجانها.
- إعادة بناء بعض الأجزاء من المدرجات.
- غلق الحفر والشقوق الكبيرة.
- تنظيف المساحة المحيطة بالضريح بإزالة الركام الحجري، و إنجاز طريق يربط هذا المعلم بالأماكن العمرانية القريبة.
- إخلاء القبو الداخلي من الأحجار التي كان يعج بها، ثم الشروع في ترميم جدرانه وسقفه المتضررين.[59]

4-3 - تأريخ الضريح:

من الصعب تحديد زمن بناء الضريح و من بناه ، فالقبر لا يحمل أي نقش يثبت تاريخه و لا يمكن الإعتماد على العلامات المنقوشة على الصخور لإيجاد دلالة تاريخية، وذلك أن تلك العلامات ترمز إلى معامل الحجارة المنحوتة فقط، إذ كان لكل ناحت حجارة علامة خاصة به، و بعض تلك العلامات يقرب رسمها من الحروف اللاتينية أو الليبية أو اليونانية، إلا أنها لا تمت إلى الحروف الهجائية بأي صلة، و الصورة رقم (08) تمثل إحدى هذه العلامات التي لازالت واضحة على حجارة الضريح.



صورة رقم (08): علامات معامل الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

---

[59] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 121، 122

النظرية التاريخية التي يميل إليها أكثر الناس هي التي تنسب بناء الضريح إلى الملك يوبا الثاني و زوجته كليوباترا سيليني بنت كليوباترا الشهيرة ملكة مصر و أنطونيو، واتفق المؤرخون على اعتبار يوبا الثاني ملكا مثقفا ذ و تذوق للفنون، حيث جلب إلى عاصمته شرشال تحفا فنية اقتناها من بلاد اليونان، و قد حكم موريطانيا مدة طويلة من سنة 25ق.م إلى سنة 23م.[60]

و لكي يكون القبر ليوبا الثاني ذكرت حجة أخرى و هي أن هذا الملك جعل عاصمته يول (شرشال) و حولها إلى مدينة كبيرة تسمى قيصرية، و هذا الضريح ليس كثير البعد عن شرشال و يمكن إرجاع ذلك الموقع المختار إلى إمكانية رؤيته من بعيد جدا رغم أنه لا يرى من شرشال نفسها، كما أن الأحجار الضرورية لهذا البناء الضخم توجد بكثرة بالموقع و هي من نوعية جيدة، أخيرا قد يكون الأمير الذي يحكم قيصرية يريد – كما فعل لويس الرابع عشر – أن يجنب نفسه النظر المزعج لقبره، كما قيل أيضا أن يوبا الثاني كان يحب البذخ و الفن، فمن غيره يستطيع أن يقيم مبنى بتلك العظمة؟[61]

غير أنه بالضبط نظرا لذوقه الفني يمكن استبعاد هذا النقاش، فالبنايات التي أمر ببنائها في عاصمته كانت من الطراز الإغريقي المحض، أي الطراز الذي كان يسود آنذاك بالعواصم الكبرى في عالم البحر الأبيض المتوسط مثل روما و الإسكندرية وأنطاكية، وذلك ما تشهد عليه الصور المرسومة على بعض نقوده و على الحطام المعماري الذي استخرج من شرشا ل و الذي يحتمل أن يرجع إلى عهده، و ليس من الممكن أن يكون هذا العالم البالغ الحب للهيلينيين قد أحب أن كون مدفنه كدسا من الحجارة الضخمة على غرار الطريقة الليبية القديمة، و يغطيه كساء هو تقليد لبناية ملك

[60] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 16، 17

[61] Gsell (S), op.cit , p 271, 272

نوميدي قديم، و لكي يجدد الطراز وقع اختياره على التيجان الأيونية المهجورة تماما بما فيها ذلك الإنعطاف في القناة الذي تخلى عنه ا لفن الإغريقي الكلاسيكي منذ قرون ، إذن فقبر الرومية ليس من آثاره حسب ستيفان غزال بل إنه أقيم بأمر من أمير متقدم زمنا عن يوبا في حكم موريطانية، أمير بربري أراد بالتأكيد أن يعطي للخلف برهانا على عظمته.[62]

في سنة 1962م قام قبريال كامبس بتأريخ الضريح باستعمال الكربون المشع، و قد استعمل لذلك مشبك من الخشب تم استخراجه أثناء عمليات الترميم التي أجريت في تلك الفترة من طرف كريستوفل و والده ، و قد كانت ا لنتيجة بإرجاع الضريح لسنة 270 م، لكن لم يكن يعلم من أي جزء من المعلم استخرج المشبك فربما يكون من المبنى الأمامي الذي يحتمل أنه أحدث من الأجزاء الأخرى للضريح ، كما يمكن أن يكون المشبك قد وضع أثناء عمليات الصيانة خلال القرن الثالث للميلاد.[63]

و قد شذ عن الجميع المؤرخ المشهور رومانيلي Romanelli الذي يرى أن القبر بني في عهد متأخر أي في ا لقرن الخامس و السادس للميلاد، و هو يعتقد أنه شيد على منوال الضريح المستدير الذي بناه الإمبراطور هادريان في روما.[64]

لا شك أن بناء الضريح الملكي الموريطاني كان قبل العصر الروماني و يمكن إرجاعه إلى القرن الثاني أو الأول قبل الميلاد.[65]

---

[62] Gsell (S), op.cit, p 272

[63] Camps(G), « note de protohistoire nord-africaine et saharienne »; dans : **Libyca**, tome XVIII, Alger, 1970, p 237

[64] رابح (الحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 17

[65] Camps (G), op.cit, p p 204, 205

5- أصل التسمية و أهم الأساطير التي قيلت عن الضريح:

5 1 أصل التسمية:

أطلق على هذا القبر عدة تسميات منها : الضريح الملكي الموريطاني، قبر كليوباترا سليني، قبر المسحية، قبر الرومية[66] و كذا قبر يوبا الثاني.

لقد ذكر الجغرافي الإسباني بومبنيوس ميلا هذا الضريح باسم "القبر المشترك للعائلة الملكية " و المقصود بها قبر الملوك الموريطانيين حيث دفن فيه الملك يوبا الثاني و زوجته كليوباترا سليني و ربما وضعت توابيت أخرى للملوك ال موريطانيين، و تذكر المراجع أن كليوباترا سليني كانت تعبد الآلهة المصرية، حيث يسر لها يوبا الثاني القيام بعبادات أسلافها ، لدرجة أنها كانت تحس نفسها في بلادها غير مغتربة، إلى أن وافتها المنية بشرشال ، وبعد موتها أبى يوبا إلا أن تمنح التقاليد المصرية في ال مدفن و رونق الدفن، فإنها ماتت قبل زوجها و لذلك استطاع أن يهيأ لها وسائل الدفن الفرعونية فأعد لها ذلك القبر.[67]

و نتيجة للنقش البارز الموجود على الأبواب الوهمية الذي يتراءى منه رسم شبيه بالصليب جعل بعض الباحثين يعتقدون أنه مبنى مسيحي استنادا على ذلك الوسم الوارد على شكل صليب، كما توضحه الصورة رقم (09)، و بهذا أطلقوا عليه اسم قبر الرومية، وهذا خطأ فهذا المبنى لا يمت بأي صلة إلى المسيحية ، فإذا كان الناس يدعونه بهذا الاسم فقد يفسر هذا نسبة إلى مدلول مفردة "الرومي" عند العرب و التي تعني "البيزنطي " أو "الروماني".[68]

[66] Jean-Marie Blas De Roblès, Claude Sintes, **Sites et monuments antiques de l'Algérie**, France, 2003, p 73

[67] عبد الحميد (بن شنهو)، **الملك العالم يوبا الثاني و زوجته كليوباطرة سليني** ، الطباعة الشعبية للجيش، الجزائر، 1981م، ص74-77

[68] منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 8، 9



صورة رقم (09): النقش البارز على الأبواب الوهمية في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

و يرى جوداس« Judas » من جهته أن كلمة "رومية" تعني في اللغة الفينيقية والليبية "ملكي" و قد كان هذا المصطلح متداولا في لغة العرب من قبل و يعرفون مدلوله وبالتالي أنسبوا هذه التسمية "قبر الرومية" للضريح"[69]

5 2 الأساطير التي تحدثت عن الضريح:

تشير بعض الأساطير العجيبة إلى كنوز عظيمة كانت مدفونة في هذا الضريح ، وأن جنية تدعى هلولة كانت تحرسها.

و يزعم بعضهم أن رقى سحرية تمكن من الحصول على ثروة كبيرة ، كما يحكى أن راعيا لاحظ أن إحدى بقراته كانت تغيب كل ليلة ثم ترجع في الصباح و تلتحق برفيقاتها، فعزم ذات يوم على اتباعها، فلما انصرفت في المساء رآها تتوجه نحو الضريح، و تدخله من باب ثم أغلق الباب فورا بعد دخولها ، و في اليوم الثاني تعلق بذنب البقرة فتمكن من الدخول معها ، و لما خرجت من الضريح في الصباح خرج بنفس الطريقة بعد أن أخذ معه كثيرا من الذهب، و أصبح أغنى رجل في الناحية.[70]

[69] Christofle (M), op.cit, p 41

[70] منير (بوشناقي)، المرجع السابق، ص 10

الخلاصة:

يتعجب الزائر للضريح الملكي الموريطاني و يقف حائرا أمام ضخامته والدقة التي نحتت بها حجارة البناء و الإنسجام الموجود بين الأساليب المحلية في البناء والعناصر الخارجية، و يبقى متسائلا كيف استطاع الإنسان في تلك الفترة رغم بساطة الوسائل والإمكانيات التي يملكها أن يبني مثل هذا القبر العظيم.

ينقسم الضريح الملكي الموريطاني إلى قسمين رئيسيين : القسم الخارجي الذي يشمل كل من القاعدة المربعة ، الجزء الأسطواني المزين بأربعة أبواب وهمية لها زخرف شبيه بالصليب و الذي كان وراء التسمية التي شاعت عند عامة الناس و هي "قبر الرومية"، بالإضافة إلى 60 عمود من الطراز الأيوني، و يتوج الضريح بالهرم المدرج، أما القسم الداخلي يتكون من المدخل الذي يوجد على مستوى القاعدة، ثم البهاوي والرواق المستدير الذي ينتهي بالغرفة الجنائزية، و بالنسبة لتأريخ هذا الضريح فيرجعه أغلب المؤرخين إلى الملك يوبا الثاني الذي حكم مملكة موريطانيا ما بين القرنين 25 ق.م و23م.

الفصل الثاني :

عموميات حول ضريح الخروب

الفصل الثاني: عموميات حول ضريح الخروب

تمهيد

1 - **التعريف بولاية قسنطينة و تاريخها**

2 - الإطار الجغرافي و المناخي لضريح الخروب

3 - الدراسة المعمارية للضريح

4 - تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة

5 - أصل التسمية

الخلاصة

تمهيد:

تتشكل مملكة نوميديا من قبائل الماصيل و الماصيصيل التي كانت تمثل قوة واحدة ثم انقسمت حسب بعض المؤرخين إلى مجموعتين : الماصيل في الشرق والماصيصيل في الغرب، لكنه لا توجد أدلة تاريخية عن فترة و ظروف انقسامها ، ومن بين أقدم مدنها نجد تبسة، دوقة و سيرتا ، و في نهاية القرن الثالث قبل الميلاد تحدثت النصوص التاريخية عن أول ملك ماصيلي و هو غايا والد ماسينيسا لكن هذه المصادر لم تذكر شيء آخر عن تلك الفترة ، أم ا ماسينيسا فقد لعب دورا هاما أثناء ا لحرب البونية الثانية، و في عهده اتسعت حدود مملكته لتشمل رقعة واسعة تمتد من واد ملوية غربا إلى الحدود القرطاجية شرقا مشكلة بذلك نطاق نوميديا الموحدة.[71]

لقد أجمع أغلب المؤرخين على اعتبار ما سينيسا عاهلا كبيرا جلب الرخاء والإزدهار لمملكته في شتى الميادين ، كما كان متفتحا على حضارات عصره فتأثر بالقرطاجيين و الإغريق و اللاتين، و قد اتخذ هذا المللك سيرتا عاصمة له، و إليه ينسب أغلب الباحثين ضريح الخروب الواقع بالقرب من عاصمته سيرتا.

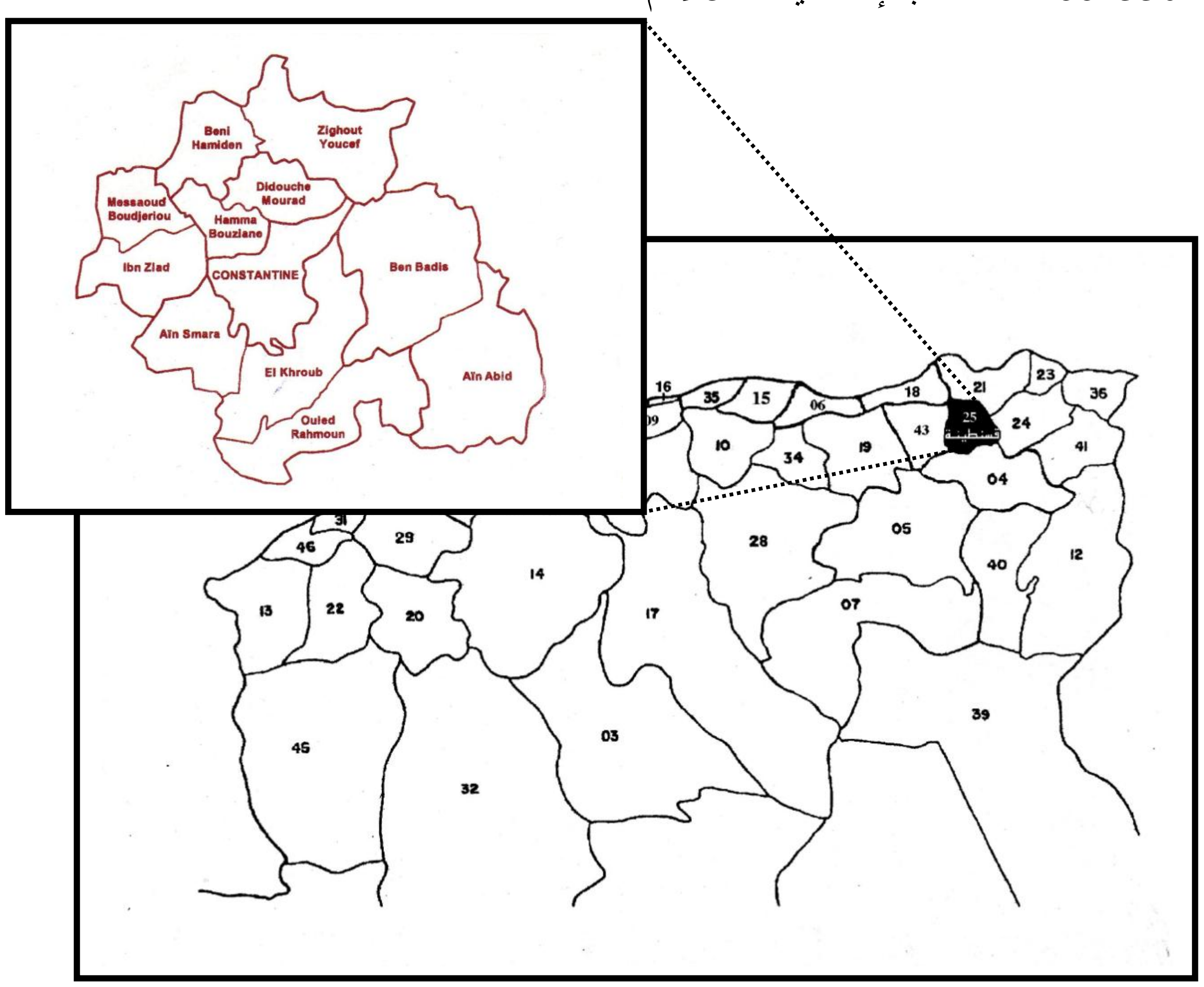
---

[71] رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م إلى عشية الفتح الإسلامي**، دار هومة، الجزائر، ص44

1- التعريف بولاية قسنطينة و تاريخها:

1-1- التعريف بولاية قسنطينة:

تقع ولاية قسنطينة شمال شرق الجزائر ، على الحدود الشمالية للأطلس الصحراوي ، تبعد بحوالي 430كم جنوب شرق الجزائر العاصمة، تحدها من الشمال ولاية سكيكدة ومن الجنوب ولاية أم البواقي ، و من ا لشرق قالمة و من الغرب ميلة كما ي وضحه الشكل رقم(13)، تتكون هذه الولاية من 6 دوائر فيهما 12 بلدية و تقدر الكثافة السكانية فيها 662330 نسمة حسب إحصائيات 1987م.[72]



شكل رقم (13): خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية قسنطينة

عن : ORGM ; **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie: wilaya de Constantine**

[72] ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Constantine**, éditions du service géologique de l'Algérie, Boumerdès , 1999, p 5

1-2- تاريخ المنطقة:

أ -فترة ما قبل التاريخ:

لقد أكدت نتائج الأبحاث التاريخية و الإكتشافات الأثرية التي قام بها بعض علماء الآثار في المنطقة السيرتية على التواجد البشري الكثيف في المنطقة منذ الأزمنة الغابرة حيث استقر بها الإنسان واتخذ من كهوفها و مغاراتها مساكن و ملاجئ يأوي إليها عند الضرورة، و لقد كانت هذه الكهوف محصنة ضد هجوم الحيوانات المفتوسة و غير بعيدة عن مصادر المياه، و لعل أهم معلم يدل على الحياة البدائية لإنسان ما قبل التاريخ في المنطقة يتمثل في موقع "بحيرة المنصورة" التي تعتبر من أكثر المواقع قدما في المنطقة ، و يتضح ذلك من خلال اللقى الأثرية التي عثر عليها و ذلك من قبل العالم الأثري "فيليب توماس" سنة 1884م حيث تبين بعد دراستها أنها تعود إلى نهاية البلايستوسين الأعلى"، كما أجرى الباحث الأنتروبولوجي " أرامبورغ" (Arambourg) عدة تنقيبات في نفس الموقع تم خلالها اكتشاف عدة صناعات حجرية متمث لة في الحجارة الشبه كروية الشكل، إضافة إلى وجود بقايا عظام لفرس النهر و حصى منحوتة.[73]

ب -مرحلة فجر التاريخ:

تتسم هذه الفترة بمؤشرات حضارية لعل أهمها المقابر الميغاليتية التي اعتبرت أول مؤشر لدفن الإنسان لموتاه خارج الكهف ، و قد تمثلت تلك المقابر البدائية في قبور البازيناس و الدولمن و الحوانيت ، و قد كان من بين أهم المواقع التي عثر فيها على المقابر الميغاليتية المشار إليها تلك المدافن الحجرية الضخمة التي عثر عليها في "رأس العين " ثم سيقوس و تيديس و بونوارة.[74]

[73]محمد الصغير (غانم)، <u>سيرتا النوميدية النشأة والتطور</u>، دار الهدى، الجزائر، 2008م، ص 14،15

[74]محمد الصغير (غانم)، <u>سيرتا النوميدية النشأة والتطور</u>، مرجع سبق ذكره، ص 43،44

ت -الفترة الفينيقية و البونية:

يعتقد أن اسم سيرتا (قسنطينة حاليا) فينيقي الأصل و أنه تحريف للاسم الحقي قي الذي هو كرتن و معناه المدينة، و قد أشير إلى سيرتا في أحداث نهاية القرن الثالث ق .م التي جرت بين سيفاقس من جهة و غايا وابنه ماسينيسا من جهة أخرى ، كذلك كانت عاصمة سيفاقس في حوالي سنة 203ق.م ثم آلت من بعده إلى ماسينيسا بعد تحالفه مع الرومان، واشتهرت سيرتا في هذه الفترة بوفرة أموالها لأنه ا كانت تضم الخزينة النوميدية.[75]

كما تكثر في قسنطينة الآثار البونية و معظمها عثر عليها في ك ل من : موقع الصخر، المقبرة الميسيحية، معبد الحفرة ، سيدي مبـروك، المنصورة ...إلخ، كل هذه الأماكن أعطت آثارا مادية بونية و رومانية و إغريقية يتمثل معظمها في الشواهد التذكارية التي يحمل بعضها نقوشا بونية و لاتينية، بالإضافة إلى عدة رموز أشهرها رمزا الإله بعل حمون والإلهة تانيت ، كذلك يعتبر الزجاج و الفخار و القطع النقدية من بين الأشياء التي عثر عليها في مواقع قسنطينة الأثرية، و من دراسة هذه المصادر المادية يمكن الاستخلاص أن تاريخها لا يتجاوز القرن الثالث ق.م، و هي ذات صناعة محلية ومستوردة مما يعطينا الدليل على أن سيرتا كانت قد أسست من أجل أغراض تجارية أكثر منها سياسية أو إستراتيجية.[76]

ث -الفترة الرومانية:

لما انتقل الحكم إلى الرومان في مدينة سيرتا عين على رأسها سيتيوس (Sittius) بعد أن تحولت حاضرة لمستعمرة رومانية ، و أصبحت بعد امتداد النفوذ الروماني في شمال شرق المغرب العربي عاصمة كنفدرالية للمستعمرات الأربعة : سيرتا (قسنطينة)، ميلف

---

[75] محمد الصغير (غانم)، **معالم التواجد الفينيقي البوني في الجزائر**، دار الهدى، الجزائر 2003م، ص 227

[76] محمد الصغير (غانم)، **معالم التواجد الفينيقي البوني في الجزائر**، مرجع سبق ذكره، ص227، 228

(ميله) شولو (القل) و روسيكادا (سكيكدة)، و كان لكل مستعمرة حكمها الخاص بها ، بينما تتولى سيرتا أمور الدفاع و تعيين القضاة، إلا أن المدينة لم تنعم بالإستقرار في بداية سيطرة الرومان عليها حيث كانت تتعرض لهجوم القبائل المجاورة ، إلى جانب تصارع أهل السلطة فيما بينهم داخل الكنفدرالية الأمر الذي أدى إلى تدميرها سنة 307م.[77]

في سنة 313م شب صراع بين الإمبراطور "قسطنطين الكبير" و بين عامله في إفريقيا "ماكسنس" فانتصر "قسطنطين الكبير" ثم قام بترميم أسوار مدينة سيرتا و أعاد بناء بيوتها التي هدمت أثناء ذلك الصراع ، و منذ ذلك التاريخ أخذت المدينة النوميدية اسم قسطنطينة نسبة إلى الإمبراطور "قسطنطين".[78]

بعد أن أعاد قسطنطين بناء قسنطينة مد سيطرته على كل المناطق المحيطة بها ، وبعد أن استتب له الأمن و الإستقرار اهتم بتعمير المدينة و تنشيط التجارة و الزراعة ، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع عدد سكانها الذين قدموا من الأرياف المجاورة و بذلك امتد العمران و لأول مرة في تاريخ المدينة خارج حدودها الطبيعية ، ووصل حتى سفوح جبل شطابة.[79]

و لقد اهتم الرومان بتوفير المرافق الضرورية للحياة الحضرية ، حيث قاموا بجلب المياه لأغراض الشرب من منابع جبل الوحش (8 كلم) بواسطة قناة رئيسية توصل المياه إلى خزانات ضخمة ، كما بنيت قنوات من ثلاث طوابق تربط منابع بومرزوق على بعد 50 كلم بالمدينة و التي تصب بدورها في تلك الخزانات و تتصل عن طريق شبكة من القنوات الصغيرة بالمساكن و المصانع ، و كان لكل مسكن صهريج للماء بالإضافة إلى

[77]محمد الهادي (العروق)، **مدينة قسنطينة (دراسة في جغرافية العمران)**، الطبعة الأولى، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1984م، ص69.

[78]محمد الصغير (غانم) ، **سيرتا النوميدية النشأة والتطور**، مرجع سبق ذكره ، ص70

[79]محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص 69

عدد من الصهاريج بالساحات العمومية و الأسواق و الحمامات التي كانت من أهم سمات الحياة الحضرية آنذاك، و من مظاهر الفن المعماري أيضا بقسنطينة الرومانية أن الشوارع كانت مزينة بالأقواس و التماثيل ، كما كانت المدينة تضاء باستعمال زيت الزيتون ، و قد صاحب هذه النهضة من الناحية الحضرية و الإقتصادية تقدم في العلوم و الثقافة، حيث يزخر التاريخ الروماني لشمال إفريقيا بأسماء العديد من الأدباء و العلماء الذين أنجبتهم قسنطينة.[80]

ج الفترة الإسلامية:

بعد ضعف قوة الرومان في شمال إفريقيا واضمحلال نفوذهم ، وصلت موجات الفتح الإسلامي إلى منطقة المغرب على يد عقبة بن نافع حيث وقعت في قبضة الفاتحين جل المدن و من بينها قس نطينة، و قد تميزت العهود الأولى للحكم الإسلامي بالمدينة بالفوضى وانعدام الإستقرار حيث كانت مسرحا لمعارك عديدة بين الأغالبة و الحماديين ، و أصبحت تلعب دورا ثانويا على مسرح الأحداث بالمنطقة إلى أن جاء الزيريون الذين أعادوا للمدينة استقرارها وازدهارها لتصبح من أهم المراكز الحضرية في هذا الجزء من العالم بعد مدينة تونس بداية من القرن الرابع الهجري – العاشر ميلادي، حيث قام الحكام بتوزيع الأراضي الزراعة على الفلاحين و تعليم السكان المحليين الدين الإسلامي و اللغة العربية.[81]

ح الفترة العثمانية:

في سنة 1522م غزا خير الدين مدينة قسنطينة و ركز بها 600 جندي إنكشاري يرأسها ضباط يحملون لقب قائد العسكر و أعطى الحرية لكل قائد في سلوك السياسة

---

[80] محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص 72

[81] نفسه، ص 73

التي يراها مناسبة تجاه السكان ، و حثهم على تحسين علاقاتهم و تمتينها معهم لضمان تموين حامياتها بتلك المدن.[82]

و لقد كان لقدوم الأتراك أثر هام في بلورة شخصية المدينة حيث قام البايات بإدخال تحسينات هامة عليها و أعادوا تخطيطها بعد أن جعلوا منها عاصمة للمقاطعة الشرقية (بايليك قسنطينة) و مركزا لحكومتها في أول تقسيم إقليمي عرفته الجزائر في تاريخها ، ولقد عاشت قسنطينة أوج ازدهارها في ظل حكم صالح باي الذي يرتبط اسمه ارتباطا وثيقا بتاريخ المدينة فقد عمل هذا الأخير على تأمين حدود البايليك الشرقية و تدعيم قوة المقاطعة داخل الجزائر، و من الناحية العمرانية فإن أعمال الحكام الأتراك و خاصة صالح باي عملت على تجميل المدينة حيث تم بناء مسجد و مدرسة سيدي الكتاني سنة 1775م بالقرب من المنازل الخاصة للباي التي امتازت بالسعة و الضخامة.[83]

خ -العصر الحديث:

بقيت مدينة قسنطينة طوال الفترة التركية و خلال السنوات الأولى من الإحتلال الفرنسي لا تغطي سوى الرقعة المحصورة بين الأسوار و هي تتفق مع الحدود الطبيعية للصخرة التي تقوم عليها ، و كانت قسنطينة في أواخر العهد التركي و بداية الإحتلال الفرنسي في وضع اقتصادي متدهور بعد أن عاشت فترة طويلة من الرخاء و الازدهار ، حيث تميزت هذه الفترة بالذات (1804م-1837م) بتصارع أصحاب السلطة فيما بينهم و ظهور العديد من الثورات التي عملت إلى جانب استفحال القحط في إقليم المدينة على ظهور المجاعة و نزوح سكان الأرياف إلى المدينة ، كما أن الإحتلال الفرنسي للمدينة قضى على التوازن التقليدي الذي كان موجودا بين السلطات الحاكمة التي تعاقبت على

---

[82] محمد الصالح (بن العنتري)، **تاريخ قسنطينة**، مراجعة و تقديم يحيى بوعزيز، دار هومة للطباعة، الجزائر ، 2007م، ص38،37

[83] محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص 80

المدينة و بين سكانها و أشرافها واستبدلت به حكما عسكريا صارما، و من نتائج هذا الإحتلال أيضا الذي تم سنة 1837م القضاء على الصناعات التقليدية التي كانت تشكل محور النشاطات الإقتصادية بالمدينة نتيجة عدم قدرتها على منافسة م نتجات الصناعة الأوروبية الحديثة، فأدى ذلك إلى تفشي ظاهرة البطالة بين السكان ، و م ن جهة أخرى طرح قدوم المعمرين و جيوش الإحتلال لأول مرة في تاريخ المدينة مشكلة السكن والمرافق.[84]

يمكن تحديد المعالم الأساسية و الخطوط الرئيسية للنمو الحضري لقسنطينة في العصر الحديث ابتداءا من سنة 1837م حتى يومنا هذا في ثلاثة مراحل رئيسية هي:

المرحلة الأولى: تشمل نهاية القرن الثامن عشر و بداية القرن التاسع عشر و هو ما يصادف السنوات الأولى لاحتلال الفرنسيين للمدينة، تميزت ببداية امتداد العمران خارج سور المدينة القديم.

المرحلة الثانية: هي الفترة المحصورة بين الحربين العالم يتين و هي فترة ازدهار المدينة ودخول التخطيط شبه المنظم لامتداد عمران المدينة.

المرحلة الثالثة: تمتد من نهاية الحرب العالمية الثانية إلى غاية 1977م و هي مرحلة البناء الحديث، توسعت فيها قسنطينة توسعا لا مثيل له في أطوارها التاريخية السابقة.[85]

1-3- المعطيات الطبيعية للمنطقة:

تتميز المنطقة السيرتية وفقا للدراسات الجيولوجية بالتضاريس التالية:

---

[84] محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص86

[85] نفسه، ص 87

أ -الهضاب العليا:

و هي المنطقة التي تحتلها مدينة قسنطينة العتيقة و الضواحي القريبة منها ، حيث تتكون من مجموعة هضاب سهلية مرتفعة تمتاز باتساعها الكبير و توازن انحداراتها وهدوء معالم سطحها، كما أنها تتوزع على شكل جيوب سهلية.[86]

ب -إقليم التل:

هي الجهات الواقعة شمال المدينة و التي تظهر كوحد ة مورفولوجية و جيولوجية متجانسة، يتراوح ارتفاعها ما بين 800 و 1200م فوق سطح البحر ، تتدرج في الإرتفاع كلما اتجهنا نحو الغرب، ترجع في تكوينها إلى الزمن الجيولوجي الثاني و الثالث، حيث نجد هذه الأراضي صالحة للزراعة لاحتوائها على نسب هامة من خام "الفوسفات"، وتعتمد فيها الزراعة على الحبوب التي لا تجهد التربة.[87]

ت -الصخرة:

الصخرة هي عبارة عن كتلة كلسية ذات شكل مثلث غير منتضم الأضلاع قاعدته في الشمال، و رأسه في الجنوب يحيط بها "وادي الريمال" من كل جهاتها باستثناء الشمال، حيث تظهر على شكل شبه جزيرة ، يصل ارتفاعها الظاهر إلى حوالي 300م وأعلى ارتفاع فيها يقع في أقصى الناحية الش مالية عند المكان المسمى "كاف شكارة" و يقدر ب644م فوق سطح البحر ، حيث يبدأ سطح الصخرة في التدرج و الإنحدار باتجاه الجنوب ثم الجنوب الشرقي حتى "سيدي راشد".[88]

[86]محمد الصغير (غانم)، <u>**سيرتا النوميدية النشأة و التطور**</u>، مرجع سبق ذكره، ص9

[87]محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص 22

[88]محمد الصغير (غانم)، <u>**سيرتا النوميدية النشأة و التطور**</u>، مرجع سبق ذكره، ص10

ث -هضبة المنصورة:

تظهر تضاريس هضبة المنصورة مسطحة الشكل ، حيث تنحدر تدريجيا بصفة عامة من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي ، باستثناء جزئها الجنوبي الغربي الذي ينحدر بشكل شبه عمودي على الضفة اليمنى لوادي الريمال ، و يتراوح ارتفاعها ما بين 630م-715م فوق سطح البحر و نتيجة لعوامل التعرية التي أثرت في الهضبة المشار إليها أدى ذلك كله إلى ظهور سطح الهضبة في شكل أفقي تقريبا، أما حوافها فتتشكل من صخور المارل والجير، و تتصل بالهضبة مجموعة من التلال المتوسطة الارتفاع أهمها منطقة "سيدي مبروك" المتصلة بها في جانبها الشرقي.[89]

ج -هضبة بوفريكة:

هضبة متوسطة الإرتفاع تقف حاجزا ما بين وادي "بومرزوق" و وادي الريمال و تمتد حتى مرتفعات عين الباي.[90]

ح -هضبة عين الباي:

توجد هضبة عين الباي في جنوب المنطقة السيرتية ، حيث تمتاز بانبساط واستواء السطح، و هي عبارة عن تلال متناظرة.[91]

خ -هضبة جبل الوحش:

تقع هذه الهضبة على بعد حوالي 12كلم شمال شرق المنطقة السيرتية و هي امتداد لها و تظهر في شكل كتلة ضخمة تشكلت منذ أزمنة قديمة ، يقابلها في الجنوب الغربي جبل شطابة ذو التكوينات الكلسية.[92]

[89] محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص10

[90] نفسه، ص11

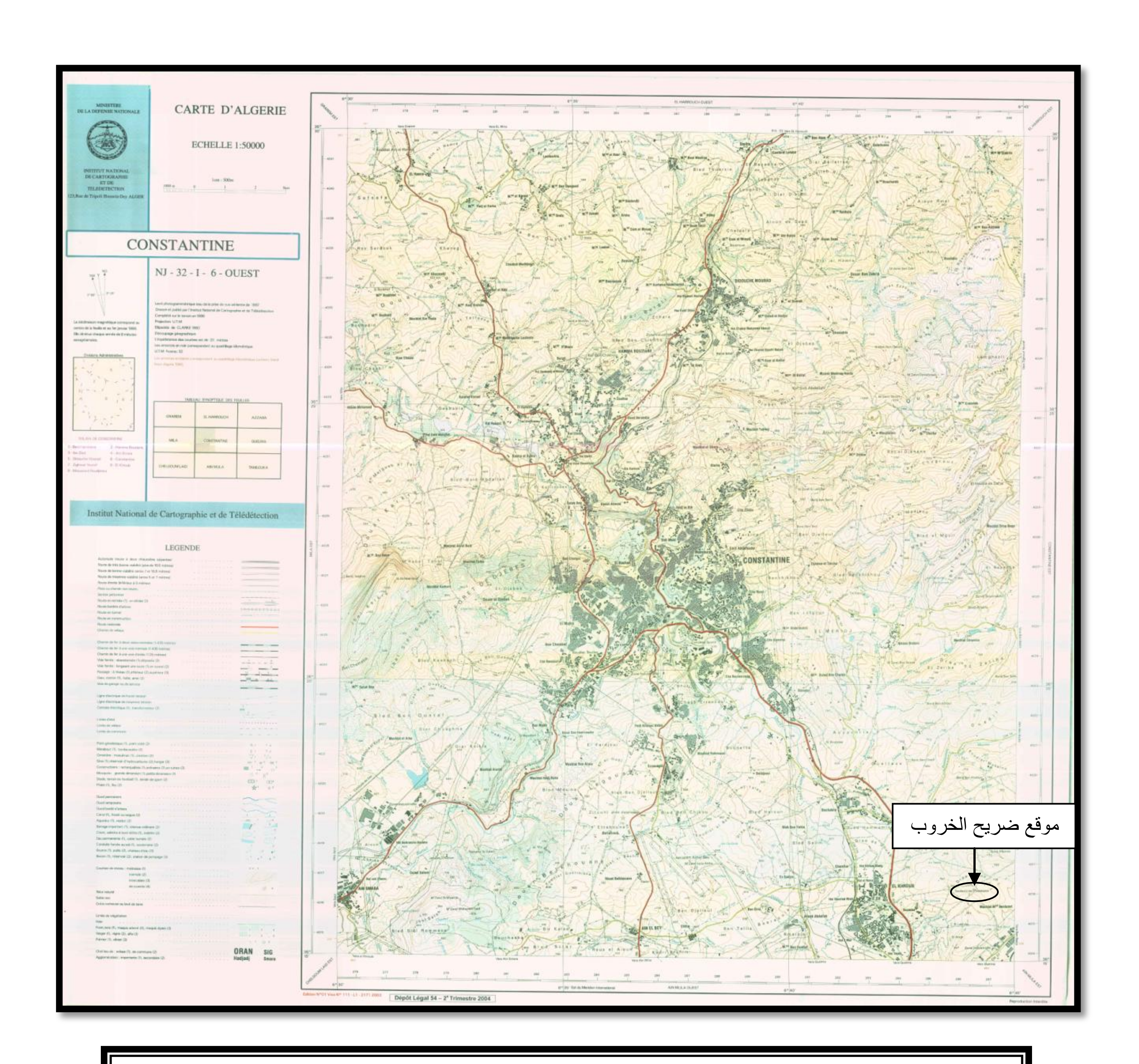
[91] محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص 30

[92] محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص11

د -**الشبكة المائية:**

يستفاد من الدراسات الجيولوجية التي تناولت المنطقة السيرتية على أن المنابع المائية المتوفرة في المنطقة يكون مصدرها إما سقوط الأمطار أو الثلوج التي تترسب في باطن الأرض، حيث تشكل التكوينات الكلسية خزانات مائية هامة ، إضافة إلى ذلك نجد أيضا أن الطابع التضاريسي للمنطقة أدى إلى تكوين شبكة من الأو دية و الشعاب و الينابيع، وتضم هضبة منطقة سيرتا مصادر عديدة من الينابيع المائية خاصة في أخدود وادي الريمال عند الإنكسارات ، و هي في معظمها ينابيع معدنية ذات حرارة مرتفعة نسبيا كان الرومان قديما قد استغلوها لأغراض العلاج و الاستحمام بعد أن حولوها إلى حمامات ، ومن أهمها منبع سيدي راشد الذي يقع عند مدخل الأخد ود الجنوبي لمدينة سيرتا القديمة، يضاف إلى ذلك منبع عين الشفة في باب القنطرة على الضفة اليسرى للأخدود، كما توجد مصادر مائية أخرى تتمثل في وادي الريمال و بومرزوق [93] كما يوضحه الشكل رقم(14).

[93] محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص13، 14



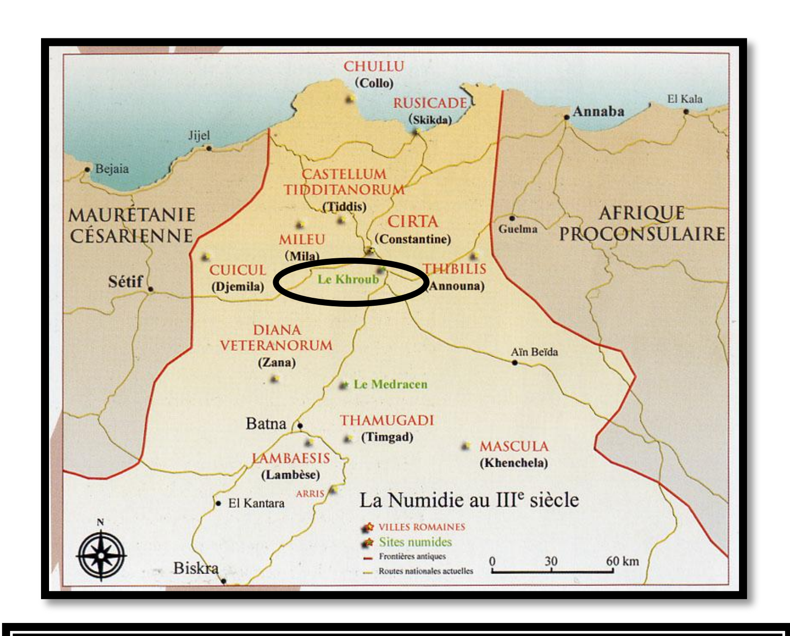
شكل رقم (14): خريطة طبوغرافية لولاية قسنطينة تبين موقع ضريح الخروب

عن: المعهد الوطني للخرائط و الإستشعار عن بعد

2- الإطار الجغرافي و المناخي لضريح الخروب:

2 1 الموقع الجغرافي لضريح الخروب:

يقع هذا الضريح بأعالي الخروب فوق هضبة صخرية تعلو سطح البحر بـ 768م، تشرف على عاصمة النوميديين سيرتا و مدينة الخروب، بحيث يبعد عن الأولى بـ 14كم جنوب شرق، والثانية بـ 3 كم غربا و يحده من الشرق جبل عبد الله [94] و موقع الضريح موضح في الشكل رقم (15).



شكل رقم (15): خريطة تبين موقع ضريح الخروب
Dans : Roblès (J . M), Sintes (C), Sites et monuments antiques de l'Algérie, France, 2003, p148

أما فلكيا فضريح الخروب يقع بين خطي طول 6°و 45' شرقا و 6° و 40' غربا، وبين دائرتي عرض 36°و 20' شمالا و 36° و 15'جنوبا (إرجع إلى الخريطة رقم 03).

[94] رابح (لحسن)، أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأ هم الأضرحة الملكية النوميدية والمورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م إلى عشية الفتح الإسلامي، دار هومة، الجزائر، ص 109

2 2 الدراسة الجيولوجية للمنطقة:

للتركيب الجيولوجي آثار مباشرة في تخطيط و قيام المدن ، تتمثل في نوعية الصخور السائدة في المنطقة و مدى إمكانية استخدامها في عمليات البناء ، كما أن صلابة الطبقة السطحية تمكن من تحمل ضغط المباني العالية.[95]

إن إمعان النظر في التركيبة الجيولوجية لأي منطقة يساعد الدارس في معرفة الفترة الزمنية التي تكونت فيها ، و ما هي نوعية الصخور و الترسبات التي تكون طبقات قشرتها الأرضية التي تراكمت من جراء توالي الأزمنة و العصور ، و الملاحظ في منطقة قسنطينة أن أقدم الصخور المكونة لها تعود إلى العهد الترياسي ممثلة في الصخور الجيرية التي تكونت في عمومها من الصلصال و الطين الأحمر المخلوط بالجبس مع بلورات من الكوارتز ، كما تنتشر في مناطق متفرقة بقايا ترسبات الكلس الأصفر أو الرمادي و تبدو في شكل لوحات "دولوميت".[96]

أ -التكوينات الكريتاسية:

تنسب ترسبات تكوينات الصخور و التربة العائدة إلى العصر الكريتاسي الأدنى والأوسط إلى الزمن الجيولوجي الثالث ، و هي تظهر في شكل طبقتين متواليتين تبينان عملية إرساب ذات مصادر مختلفة متمثلة في ال دولميت و كلس الشواطئ من جهة ، والمارل الشيسرتي و المارل الكلسي من جهة ثانية ، أما عن تكوينات الكريتاسي الأعلى فهي تتمركز في القسم الشمالي الغربي لمنطقة الصخرة السيرتية.[97]

[95] محمد الهادي (العروق)، مرجع سبق ذكره، ص 31

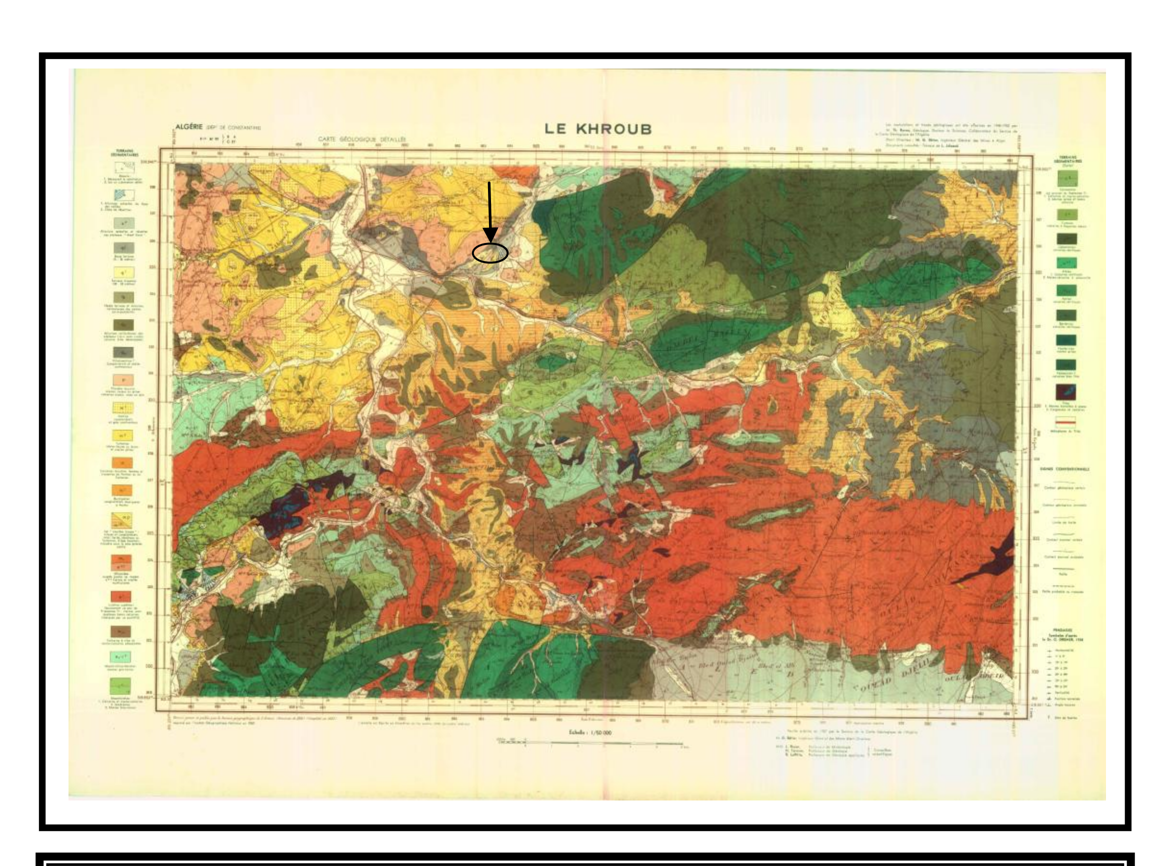
[96] محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص 3

[97] نفسه، ص 8

ب - تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع:

تتألف تكوينات الزمن الجيولوجي الرابع من الطمي في شكل حصى مخلوطة بالطين المترسب على السطح ، حيث تغطيه قشرة من الكلس و تظهر على مستويات مختلفة خاصة بالأودية و محاذاة السهول ، أما عن ترسبات الترافرتان فنجدها منتشرة في منطقة المنصورة و سيدي مبروك.[98]

من خلال الشكل رقم (16) و الذي يمثل خريطة جيولوجية لمنطقة الخروب يلاحظ أن أغلب الصخور المكونة للمناطق المحاذية لضريح الخروب تعود إلى البليوسين و تتمثل في المارل الأحمر والرمادي وكذا الحجر الكلسي بمختلف أنواعه ، وهناك صخور ترجع إلى الترياسي والمتمثلة في الصلصال و الحجارة الرملية.



شكل رقم (16): خريطة جيولوجية لولاية قسنطينة

عن مكتبة علوم الأرض

[98] محمد الصغير (غانم)، سيرتا النوميدية النشأة و التطور، مرجع سبق ذكره، ص 9

2 3 المناخ:

تتواجد ولاية قسنطينة في نطاق المناخ القاري، الذي يتميز بصريف حار و جاف وشتاء بارد و ممطر، معدل كمية التساقط خلال السنة تتراوح ما بين 600 إلى 650 مم، أما الرياح السائدة في المنطقة فغالبا ما تكون جنوبية شرقية إلى شمالية غربية.[99]

2-3-1- الحرارة:

باعتبار الولاية منطقة داخلية فإن درجات الحرارة تكون أكثر ارتفاعا خلال فصل الصيف مقارنة بالمناطق الشمالية و أشد برودة، إلا أنها تتغير حسب فصول السنة كما يوضحه الجدول رقم 09.

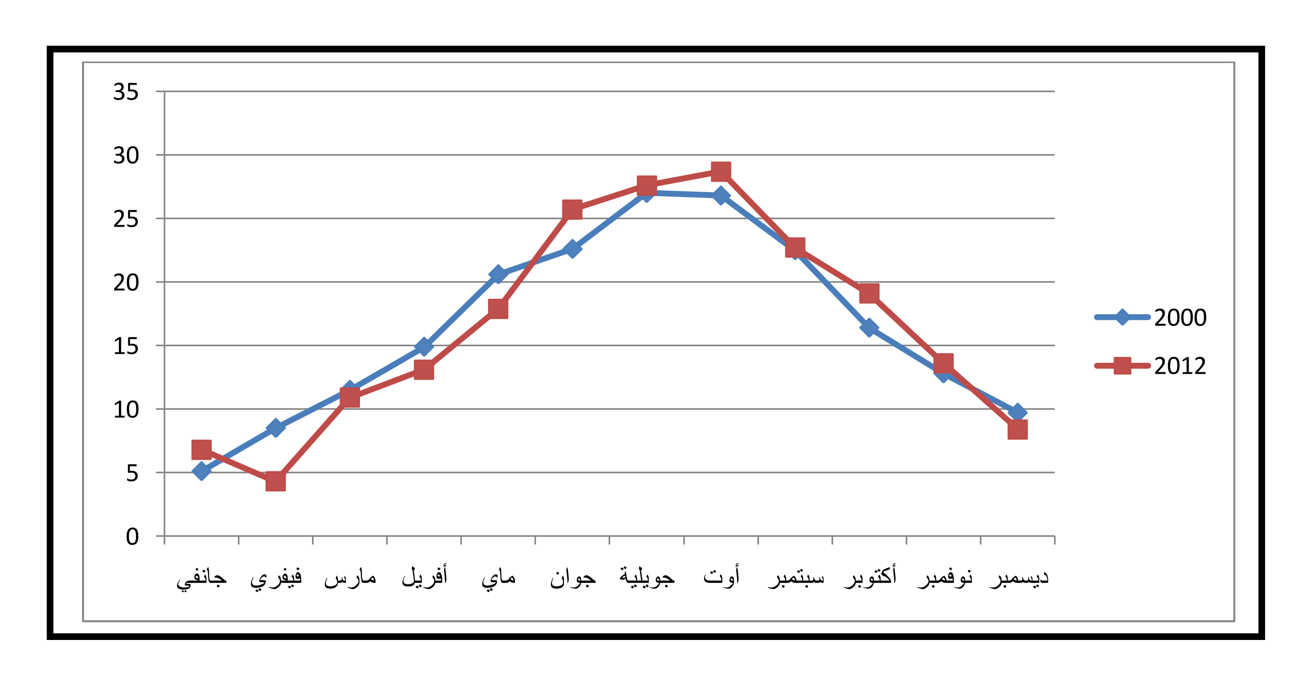
جدول رقم 09: المعدل الشهري لمتوسط درجات الحرارة (°م) لولاية قسنطينة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	2000 م	2012 م	معدل الحرارة
جانفي	5,1	6,8	5,9
فيفري	8,5	4,3	6,4
مارس	11,5	10,9	11,2
أفريل	14,9	13,1	14
ماي	20,6	17,9	19,2
جوان	22,6	25,7	24,1
جويلية	27,0	27,6	27,3
أوت	26,8	28,7	27,7

[99] ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie : wilaya de Constantine**, op.cit, p 6

سبتمبر	22,5	22,7	22,6
أكتوبر	16,4	19,1	17,7
نوفمبر	12,8	13,6	13,2
ديسمبر	9,7	8,4	9
المعدل السنوي للحرارة	16,6	16,6	16,6

من خلال هذا الجدول نلاحظ أن درجات الحرارة تبلغ أقصاها في شهري جويلية وأوت أين تم تسجيل معدل متوسط الحرارة يقدر ب 27°م في سنة 2000م و 28,7°م في سنة 2012م ، في حين تنخفض لتصل إلى أدنى قيم لها في شهري جانفي و فيفري أين تم تسجيل 5,1°م سنة 2000م و 4,3°م سنة 2012م، و لتوضيح هذه التغيرات استعنا بمعطيات الجدول السابق و وضعناها على شكل مخطط (الشكل رقم 17).



شكل رقم (17): منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية

و فيما يلي الجدول رقم 10 الذي يمثل المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا بولاية قسنطينة خلال سنتي 2000م و 2012م.

جدول رقم 10: المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا (°م) لولاية قسنطينة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	2000 م	2012 م	معدل الحرارة
جانفي	-0,3	1,4	0,5
فيفري	2,6	-0,4	1,1
مارس	5,0	4,5	4,7
أفريل	8,3	6,6	7,4
ماي	13,4	9,5	11,4
جوان	15,4	16,6	16,0
جويلية	18,9	19,0	18,9
أوت	18,5	19,5	19
سبتمبر	15,5	15,2	15,3
أكتوبر	10,7	12,5	11,6
نوفمبر	7,0	7,7	7,3
ديسمبر	4,0	2,5	3,2
المعدل السنوي للحرارة	9,9	9,6	9,7

يلاحظ من خلال الجدول اختلاف درجات الحرارة من سنة إلى أخرى و قد سجلت أدنى قيمة لدرجة الحرارة في شهر جانفي خلال سنة 2000م أين تم تسجيل 0,3-°م، وفي شهر فيفري خلال سنة 2012م أين تم تسجيل 0,4-°م.

أما عن درجات الحرارة القصوى فهي موضحة في الجدول رقم 11.

جدول رقم 11: المعدل الشهري لدرجات الحرارة القصوى (°م) لولاية قسنطينة- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2000 م	2012 م	معدل الحرارة
جانفي	10,6	12,1	11,3
فيفري	14,3	8,9	11,6
مارس	18,0	17,3	17,6
أفريل	21,6	19,6	20,6
ماي	27,8	26,4	27,1
جوان	29,7	34,9	32,3
جويلية	35,1	36,2	35,6
أوت	35,1	37,8	36,4
سبتمبر	29,5	30,2	29,8
أكتوبر	22,0	25,6	23,8
نوفمبر	18,6	19,5	19,0
ديسمبر	15,4	14,2	14,8
المعدل السنوي	23,2	23,6	23,4

نلاحظ من خلال معطيات هذا الجدول أن درجات الحرارة تبلغ أقصاها في شهري جويلية و أوت خلال سنة 2000م حيث تم تسجيل 35,1°م ، بينما سجلت أقصى درجة حرارة خلال سنة 2012م في شهر أوت و هي تقدر بـ 37,8°م.

2-3-2- الرطوبة النسبية:

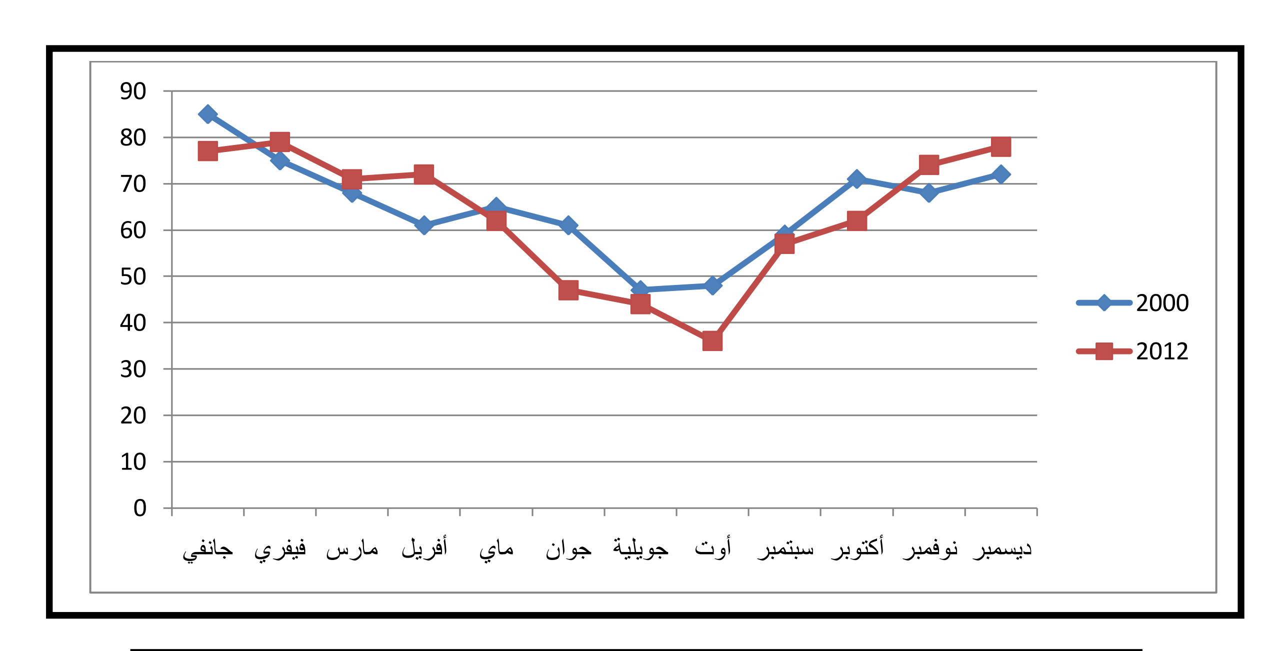
تتغير الرطوبة النسبية باستمرار من شهر لآخر و من سنة لأخرى كما يوضحه الجدول رقم 12، و حسب معطيات هذا الجدول فإن ولاية قسنطينة تمتاز بجو رطب خلال فصل الشتاء و جو جاف خلال أشهر الصيف.

جدول رقم 12: المعدل الشهري للرطوبة النسبية (%) لولاية قسنطينة - عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2000 م	2012 م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	85	77	81
فيفري	75	79	77
مارس	68	71	70
أفريل	61	72	67
ماي	65	62	64
جوان	61	47	54
جويلية	47	44	46
أوت	48	36	42
سبتمبر	59	57	58
أكتوبر	71	62	67

نوفمبر	68	74	71
ديسمبر	72	74	73
المعدل السنوي	65	63	64

نلاحظ من خلال هذا الجدول أن الرطوبة النسبية تتغير باستمرار و هذا ما يسبب في إتلاف أي مادة أثرية مهما تكن طبيعتها ، حيث تبلغ الرطوبة النسبية أقصاها في شهري جانفي و فيفري أين سجلنا 85% و 79% خلال سنتي 2000م و 2012م على التوالي، و تنخفض هذه النسبة خلال شهري جويلية و أوت أين تم تسجيل 47% و36% سنتي 2000م و 2012م على التوالي ، و لتوضيح تغيرات الرطوبة النسبية على مدار العام وضعنا معطيات الجدول السابق في منحنيات بيانية كما يوضحه الشكل رقم (18).



شكل رقم (18): منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة

و فيما يلي جدول رقم 13 الذي يمثل الرطوبة النسبية الدنيا بولاية قسنطينة خلال سنوات 2000م و 2012م.

جدول رقم 13: اللرطوبة النسبية الدنيا (%) لولاية قسنطينة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	2000 م	2012م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	59	54	57
فيفري	48	56	52
مارس	38	43	41
أفريل	32	48	40
ماي	36	33	35
جوان	32	23	28
جويلية	24	22	23
أوت	24	17	21
سبتمبر	31	29	30
أكتوبر	43	37	40
نوفمبر	43	50	47
ديسمبر	47	52	50
المعدل السنوي	38	39	39

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن الرطوبة النسبية وصلت إلى أدنى قيم لها خلال شهري جويلية و أوت في سنة 2000م أين سجلت رطوبة نسبية تقدر بـ 24%، أما في سنة 2012م فقد سجلت أدنى نسبة للرطوبة النسبية في شهر أوت وتقدر بـ17%.

أما عن الرطوبة النسبية القصوى فهي مسجلة في الجدول رقم 14.

جدول رقم14: الرطوبة النسبية القصوى (%) لولاية قسنطية – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	2000 م	2012م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	97	91	94
فيفري	95	91	93
مارس	91	90	91
أفريل	87	89	88
ماي	90	89	90
جوان	87	75	81
جويلية	74	70	72
أوت	73	57	65
سبتمبر	84	80	82
أكتوبر	92	83	88
نوفمبر	90	92	91
ديسمبر	92	89	91
المعدل السنوي	88	83	92

نلاحظ من خلال الجدول أن ولاية قسنطينة تتميز بارتفا ع الرطوبة النسبية في فصل الشتاء، و قد بلغت الرطوبة النسبية أقصاها في سنة 2000م خلال شهر جانفي

والتي قدرت بـ 97%، و في سنة 2012م سجلت أعلى رطوبة نسبية خلال شهر نوفمبر و هي تقدر بـ 92%.

2-3-3- التساقط :

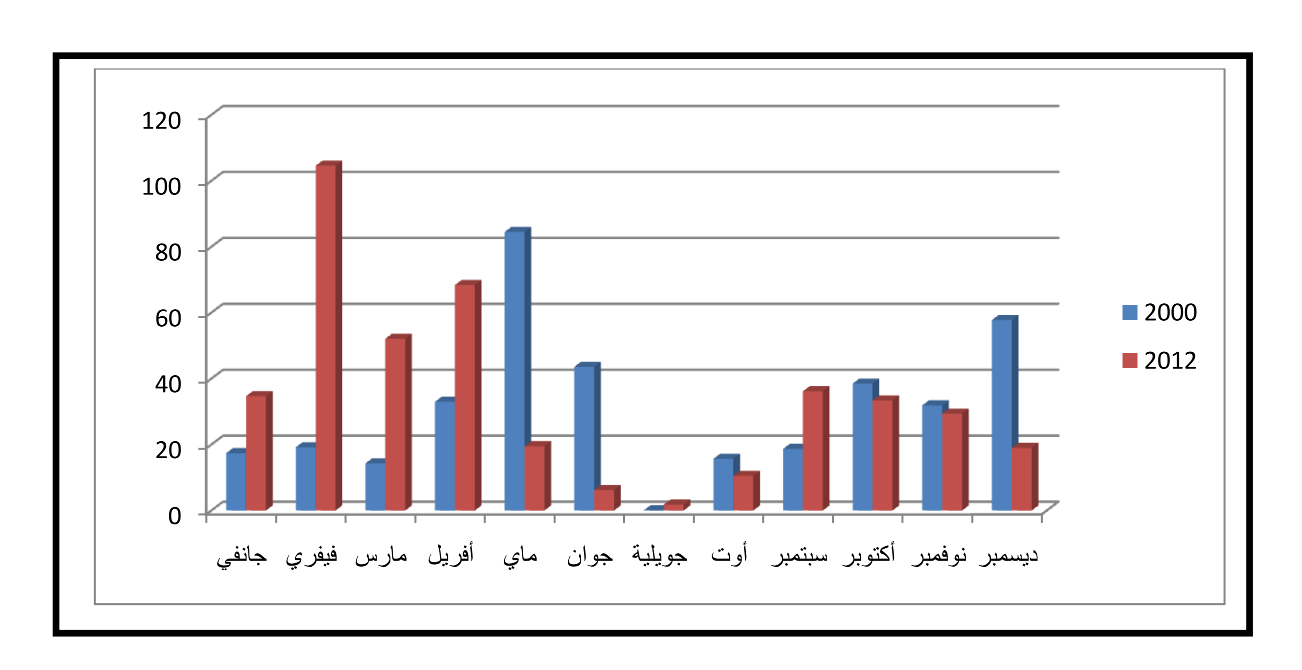
كمية التساقط تختلف من سنة إلى أخرى و هي معتبرة بحيث قدرت بـ 415,8مم في سنة 2012م، و الجدول رقم 15 يمثل كمية التساقط المسجلة خلال أشهر السنة بولاية قسنطينة.

جدول رقم 15: كمية التساقط خلال أشهر السنة (مم) بولاية قسنطينة - عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية -

السنوات / الأشهر	2000 م	2012 م	معدل التساقط
جانفي	17,4	34,7	26,0
فيفري	19,2	104,6	61,9
مارس	14,3	52,1	33,2
أفريل	33,0	68,4	50,7
ماي	84,5	19,5	52,0
جوان	43,6	6,2	24,9
جويلية	0,1	1,8	0,9
أوت	15,7	10,5	13,1
سبتمبر	18,7	36,2	27,4
أكتوبر	38,5	33,4	35,9
نوفمبر	31,9	29,4	30,6

ديسمبر	57,8	19,0	38,4
كمية التساقط خلال السنة	374,7	415,8	395,2

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن كمية التساقط تتراوح بين 0,1 مم و104,6مم و قد سجلت أعلى كمية تساقط في سنة 2000م خلال شهر ماي و التي قدرت بـ 84,5 مم في حين أقل نسبة تساقط كانت في شهر جوان أين لم تتعدى 1,0 مم، و في سنة 2012م كانت أعلى كمية تساقط خلال شهر فيفري أين بلغت 104,6 مم في حين أقل كمية تساقط كا نت في شهر جوان حيث قدرت بـ 1,8مم، و للتوضيح أكثر وضعنا معطيات هذا الجدول على شكل أعمدة بيانية (الشكل رقم19).



شكل رقم (19) : أعمدة بيانيۃ لتغيرات كمية التساقط خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة

2-3- 4- الرياح:

سرعة الرياح كبيرة كما يوضحه الجدول رقم 16، و هي خطيرة جدا على المعالم الأثرية خاصة إذا كانت محملة بالغبار و الغازات الملوثة.

جدول رقم 16:المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا) بولاية قسنطينة - عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2000م	2012م	المعدل
جانفي	13	22	18
فيفري	16	18	17
مارس	18	16	17
أفريل	21	22	22
ماي	21	22	22
جوان	20	16	18
جويلية	22	27	25
أوت	16	23	20
سبتمبر	21	25	24
أكتوبر	15	26	21
نوفمبر	22	23	23
ديسمبر	27	16	22
أعلى سرعة خلال السنة	27	27	27

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن سرعة الرياح تختلف من سنة لأخرى ومن شهر لآخر و قد سجلت أعلى سرعة للرياح في سنة 2000م خلال شهر ديسمبر بحيث قدر المعدل الشهري لها بـ 27 م/ثا أما أدنى معدل فقد كان في شهر جانفي وهو يقدر بـ 13م/ثا، و في سنة 2012م سجل أعلى معدل شهري لسرعة الرياح خلال شهر جويلية و قدر بـ 27 م/ثا أما أدنى معدل فقد كان في شهر مارس و يقدر بـ 16م/ثا.

3- الدراسة المعمارية للضريح:

3-1- وصف الضريح:

3-1-1 القسم الخارجي:

يبلغ الإرتفاع الحالي للضريح 6 أمتار، و حسب شهادة بعض الباحثين فقد كان الضريح محافظا على الطابق الأول الذي يعلو القاعدة حتى بداية القرن العشرين، و يرجع سقوطه إلى زلزال عنيف ضرب المنطقة في مطلع القرن العشرين ، يلاحظ من خلال ما تبقى من طابقه السفلي أن الضريح بني بالحجارة الكبيرة المنحوتة ، بحيث يتعدى طولها في بعض الأحيان المترين، وضعت دون ملاط، و تغطي جدرانه نواة مشكلة من أحجار قليلة التربيع[100]، و فيما يلي صورة توضح ضريح الخروب.



صورة رقم (10): ضريح الخروب
عن الطالبة (2015م)

[100] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 209- 211

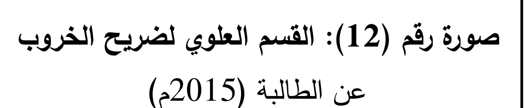
يبلغ طول قاعدته المربعة 8,40 م و علوها 2,35م، يعلوها ثلاث مدرجات، وفوق هذه الأخيرة أقيمت دكة أخرى مربعة غائرة عن الأولى ارتفاعها 1,70م تتكون من أربعة مداميك، الأولى و الثالثة ملساء بينما زينت الثانية و الرابعة بنتوءات، كما تنتهي بكورنيش ذو عنق مصري كما توضحه الصورة رقم (11)، و في القسم العلوي ينتصب بقايا بناء مربع الزوايا ، يتكون من أربعة كتل على شكل أعمدة تشغل مساحة مربعة يصل طول إحدى جوانبها 5,55م و مزينة في كل واجهاتها بدرقات ناتئة تشبه درع كروي[101] (أنظر الصورة رقم 12)، و حسب غزال فإن هذه الأعمدة تشكل إطار لأربعة أبواب وهمية لم يبقى منها إلا بعض البقايا.[102]





صورة رقم (11): أقسام الطابق السفلي لضريح الخروب
عن الطالبة (2015م)



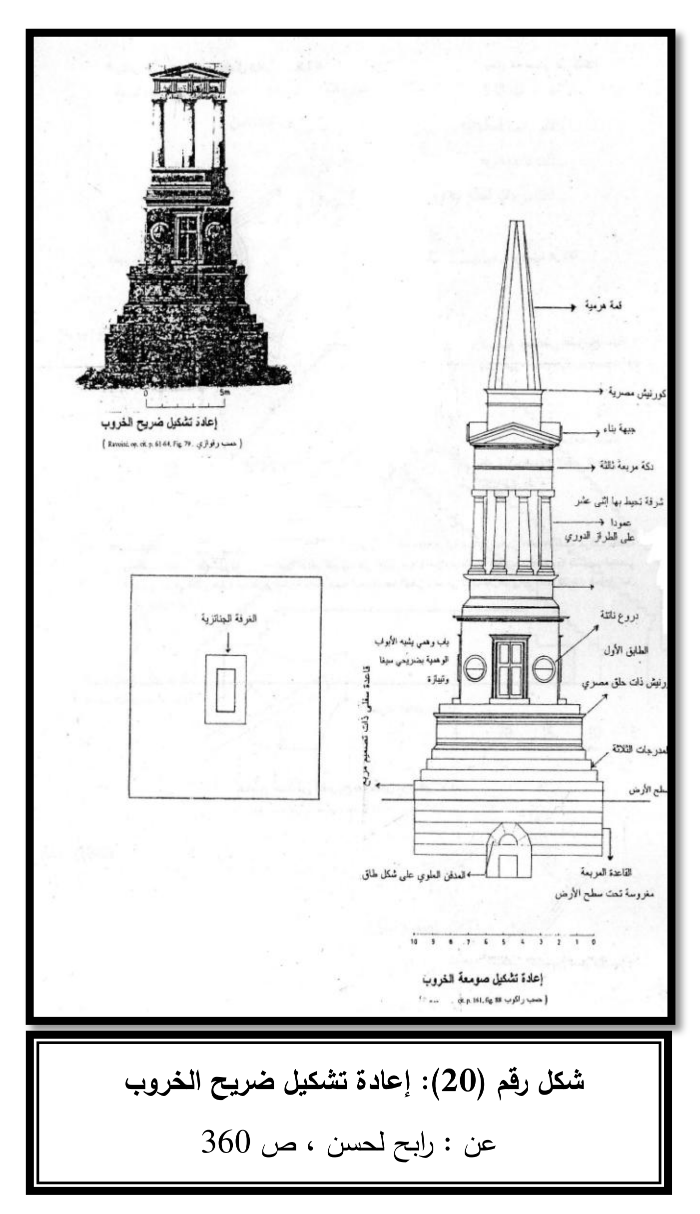


صورة رقم (12): القسم العلوي لضريح الخروب
عن الطالبة (2015م)

[101] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 211

[102] Gsell (S), **Les monuments antiques de l’Algérie**, tome I, Paris, 1901, p62

و قد قام المهندس المعماري راكوب بمحاولة لإعادة تشكيل الضريح في جوان 1974م حيث توصل إلى أن ارتفاع الضريح ا لكلي قد يصل في الأصل إلى 30م، ويمكن أن نميز فيه ثلاثة طوابق رئيسية كما هو موضح في الشكل رقم (20).



شكل رقم (20): إعادة تشكيل ضريح الخروب

عن : رابح لحسن ، ص 360

فحسب راكوب فضريح الخروب يتكون من قاعدة مربعة تحمل ثلاثة مدرجات تعلوها منصة مربعة مزينة بكورنيش ذو عنق مصري ، و فوق هذا الأخير ترتفع أربعة كتل مزينة بدروع دائرية ناتـئة تشكل إطار لأربعة أبواب وهمية ، بعدها نجد دكة ثانية تحمل شرفة صغيرة يحيط بها 12 عمودا علوها 4,09 م قاعدتها مضلعة الزوايا وتيجانها

ذات طراز دوري، و ينتهي الضريح بقاعدة قد تحمل هرما مدببا مثمن الأضلاع علوه قد يصل إلى 9 م.[103]

غير أن غزال يذكر أن الدكة الثانية تحمل ثمانية أعمدة دورية فقط ذات جذوع ملساء، وينفي وجود ذلك الهرم المدبب و يرى أن الضريح ينتهي بمصطبة تحمل فوقه ا إما مجموعة من التماثيل أو شكل زخرفي كبير.[104]

3 1 2 القسم الداخلي:

يدل موقع المدفن الأرضي أنه بني قبل بناء الطوابق العلوية، فقد هيئ أسفل أساس المعلم في محوره المنصف بحوالي 0,60م و على عمق 1,50م تحت سطح الأرض، طوله 2م و عرضه 1م و ارتفاعه 0,99م، مبني با لحجر المنحوت، أرضيته مبلطة فقط في الزاوية شمال – غرب و مغطى ببلاطة سمكها 0,40م و فوق هذه الأخيرة هيئ قبو آخر ضيق و مقبب طوله 2,70م و عر ضه 1,30م يتكون من 9 عقود حجرية، و في أعلى هذا القبو و أسفل نواة القاع دة أقيم فضاء ضيق يبلغ طوله 2م وعرضه 1م وارتفاعه لا يتجاوز 0,50 م[105] (إرجع إلى الشكل رقم 20).

3-2-التأثيرات الأجنبية على الضريح:

يرى بعض الباحثين أن هندسة ضريح الخروب مستوحاة من الفن الإغريقي الصقلي، و البعض الآخر يعتبرها مزيج من العناصر الهندسية و الزخرفية الفينيقية – الإغريقية، التي لم تكن شائعة الإستعمال في بلاد المغرب فحسب بل في كامل حوض البحر المتوسط بحيث عاشت هذه المنطقة لفترة طو يلة تحت تأثيرات هاتين الحضارتين، ويتجلى التأثير الهلنستي في ضريح الخروب فيما يلي:

---

[103] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 215، 216

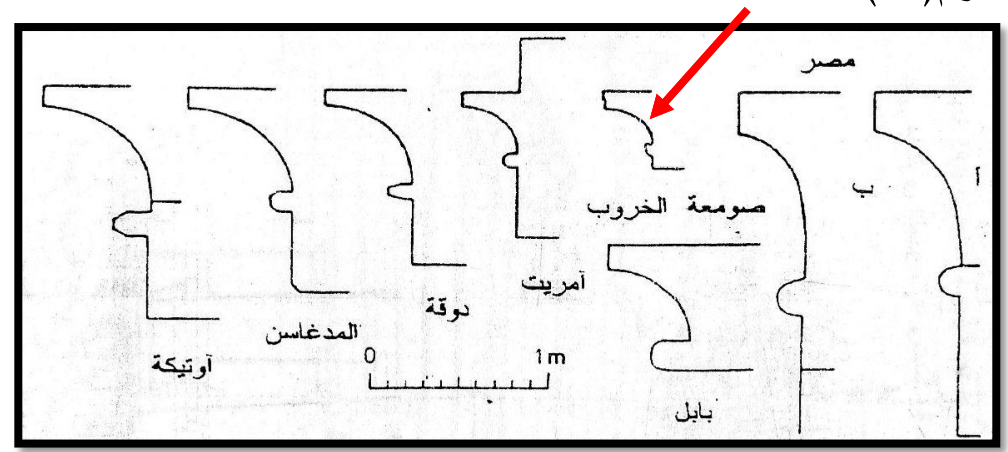
[104] Gsell (S) , **Les monuments antiques de l'Algérie**, tome I, op.cit, p63

[105] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 211، 212

- أعمدة و تيجان دورية كانت سائدة في العالم المتوسطي في القرون الثلاثة الأخيرة قبل الميلاد لاسيما في صقلية.
- الزخارف الناتئة التي تزين القاعدة السفلى، و إفريز الطابق العلوي.

أما التأثير الفينيقي فيشمل العناصر التالية:

- جبهات البناء التي استعملها الفينيقيون بكثرة في أواخر العهد القرطاجي.[106]
- الكورنيش ذو العنق المصري الشائع عند القرطاجيين كما يوضحه الشكل رقم(21).



شكل رقم (21) : نماذج للكورنيش ذات العنق المصري المستعملة في بعض الأضرحة
عن رابح (لحسن): ص335

4- تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة:

4-1- الدراسات و الأبحاث السابقة:

لقد بدأت الدراسات التي تناولت هذا الضريح من قبل الفرنسيين "تومبل" « Temple » و"فابل" « Fable » سنة 1838م في جولتهما السياحية التي شملت الفضاء القسنطيني ، كذلك أشار إليه فيما بعد الباحث "بيربروجير" « Berbrugger » و ذلك سنة 1843م، وتلاحقت الدراسات و الأبحاث الأثرية على ضريح الخروب بعد

[106]رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 217، 218

ذلك من قبل كل من "أ.رافوازي" « E. Ravoisier » و المهندس " أ.دولامار " « Delamar »، هذا الأخير الذي أبرز في أحد ألواحه الصومعة كمعلم أثري قديم[107].

4-2- التنقيبات الأثرية و الترميمات السابقة:

أولى الحفريات التي جرت في الضريح كانت في سنة 1861م حيث قا مت بها الجمعية الأثرية لقسنطينة، و كان الغرض منها اكتشاف مدفـنه القبوي و شكله الهندسي الأصلي، وقد توصلت هذه الأبحاث إلى كشف جزء من الغرفة الجنائز ية المهيئة أسفل أساس البناء، والتعرف من المواد المتراكمة على العديد من العناصر الهندسية مثل: جذوع الأعمدة، قاعدتهم، تيجانهم، النتوءات و قطع سقف مزين.[108]

و فيما بين سنتي 1915م – 1916 م أشرف المهندس " بونال"« Bonnel » على فريق من مصلحة المعالم التاريخية الجزائرية على عملية التنقيب في الضريح، وذلك بمساعدة الجمعية الأثرية لمقاطعة قسنطينة [109]، و على إثر هذه الحفريات تم الكشف على الغرفة الجنائزية واستخراج أثاث جنائزي هام و متنوع في حالة حفظ لا بأس بها ، تم وضعه في متحف قسنطينة ، و قد تطلب البحث عن المدفن الأرض ي إزالة كل أحجار قاعدته الحالية، ثم أعيد بناؤه من جديد ما بين سنوات 1930-1932م باستعمال مواد بناء حديثة، تحت إشراف مهندس المعالم التاريخية "بونال".[110]

على عكس الأضرحة الأخرى يزخر ضريح الخروب بأثاث جنائزي متعدد و متنوع اكتشف لأول مرة خلال حفريات 1915- 1916م، بعضه في حالة جيدة و البعض الآخر متضرر و يتكون من أسل حة دفاعية و هجومية، زينة متنوعة ، جرار و أواني

---

[107]محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، دار الهدى للطباعة و النشر و التوزيع، الجزائر 2008م، ص100

[108]رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 210

[109]محمد الصغير (غانم) ، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص 101

[110]رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 210

فضية، بحيث تم العثور على 7 جرات بداخل الغرفة الجنائزية، اثنتان منها وجدتا مملوءة بمياه الأمطار المتسربة في الجهة الجنوبية الشرقية من الغرفة و هما في حالة حفظ جيدة ووضعية واقفة، و في الجهة الجنوبية الغربية وجدت 5 جرات، واحدة منها محفوظة في وضعية جالسة احتوت بداخلها على عظام نصف محروقة ، و الأربعة الأخرى لم يبقى منها إلا الشظايا.[111]

و في القبو العلوي عثر على جرتين مكسرتين في وضعية جالسة تحتويان بالداخل على رماد ممزوج بالتراب كما اكتشفت بقايا رماح و حراب مغروسة عموديا في فواصل البلاطات، و في الزاوية الشمالية من القبو الأرضي تمتد بلاطة تتوتفع بحوالي 0,20م على سطح الأرض، طولها 0,99م و عرضها 0,67م و وضع عليها الأثاث التالي:

- سترة قسم منها معدني و القسم الآخر من الجلد أو القماش.
- عدة شظايا تشكل خوذة تحمي الرأس و العنق و الكتفين، صنعت من صفائح الحديد المطروق.
- سيف طوله 0,65م كان بداخل هادن مصنوع من شجر الأرز و مغلف في جهته العلوية بقطع من المعدن و الذهب و النحاس.
- خنجر أو سيف قصير و رماح.
- بقايا بوق من فضة يحمل زخارف ناتئة.
- ميدالية برونزية عليها صورة نبتون إله البحر جالس و في ركبتيه جلد أسد ، كما يحمل شوكة ثلاثية – رمز الإله – في يده اليسرى و قوقعة بحرية في يده اليمنى.
- أربع ميداليات أخرى : اثنتان لم يبقى منها إلا محيطهما و البقية في حالة حفظ جيدة بحيث تمثل رسوماتها رؤوس أيل و لبؤة.

[111] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 212

- طست أو مزهرية كبيرة من فضة قطر ها 0,27م مملوءة بعظام نصف محروقة ، تكسرت أثناء اكتشافها من شدة تأكسدها.
- مبخرة من فضة.
- عدة قطع يعتقد أنها بقايا : مرآة، حلقة عنق، إبريق من فضة، مخرز و مثقب.[112]

في جوان 1974 م إقترحت البعثة الألمانية بإدارة المهندس راكوب على الوزارة المعنية، وبالتنسيق مع مصالح حماية الآثار بالجزائر المشروع التالي:

- إعادة بناء الضريح
- تهيئة و إصلاح الطريق الرابط بين مدينة الخروب و المعلم
- ترميم الأثاث الجنائزي المتضرر

لكن هذا الإ قتراح باء بالفشل بسبب عدة عوامل ، و على الرغم من هذا قام المهندس المعماري راكوب بمحاولة إعادة تشكيل البنا ء اعتمادا على مقارنته بالمعالم البرجية الأخرى المشابهة له، و إحصاء و ترتيب مختلف ا لعناصر الهندسية المنتشرة حوله والمقدر عددها بـ 262 قطعة ، و بعد تسجيلها و ترقيمها و رسمها ، توصل إلى أن ارتفاع الضريح الكلي قد يصل في الأصل إلى 30 م.[113]

4-3- تأريخ الضريح:

لقد تأكد بونال من خلال دراسته لبقايا أثاث ضريح الخروب أن هذا الأخير قد لا يكون إلا لشخصية مرموقة لها مكانتها في المجتمع النوميدي حينذاك، كما أنه صنف الضريح من خلال اللمسات المعمارية لبنائه على أنه يرجع إلى النموذج الإغريقي – البوني الذي انتشر خلال القرن ال ثاني قبل الميلاد ، و أن أثاثه الجنائزي المتمثل في الخوذة و السيوف والخناجر و الدروع لا يستبعد أن يعود لشخصية عسكرية ووريت في

[112] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص212، 213
[113] نفسه، ص 216

دهليزه، و أن السلاح الذي عثر عليه كان مثيله يستعمل لدى الجيش القرطاجي، و العالم الشرقي بصفة عامة منذ القرن الثالث قبل الميلاد.[114]

و السؤال الذي يطرح نفسه هنا، من هي الشخصية التي دفنت بالضريح؟ هل هي فعلا الملك ما سينيسا لكونه قائدا عسكريا ، كما يستنتج ذلك من الأثاث ذي الصبغة العسكرية؟ أم أنه كان لابنه مسيبسا الذي خلفه في الحكم ؟ أو قد يكون لشخصية بونية كانت لها مكانتها في سيرتا؟

و لإجابة على هذه التساؤلات لا بد من استعراض مختلف الدراسات التي أجريت من طرف الباحثين في هذا المجال:

لقد أجريت تحليلات بالكربون 14 على العظام التي وجدت داخل الإناء الفضي بالغرفة الجنائزية، و النتائج بينت أن بقايا عظام المتوفي التي عثر عليها قد مورست عليها عادة حرق الجثث التي كان يعمل بها حينذاك ، و أن صاحبها يكون قد بلغ 90 سنة، و إذا ما قارنا هذه المعطيات بما ورد في المصادر الكتابية و الدراسات الحديثة التي تشير إلى مشاركة الملك ماسينيسا في الحروب الرومانية – القرطاجية التي عرفت بالحروب البونية ، لاسيما الحرب البونية الثانية و معاهدة زاما التي كانت خاتمة تلك الحروب سنة 201 ق.م، ثم المناوشات التي قام بها ماسينيسا فيما بعد ضد القرطاجيين و وفاته سنة 148 ق.م ، بعد أن كان قد ولد سنة 238 ق.م، و بهذا يكون العاهل النوميدي ماسينيسا قد عاش تقريبا 90 سنة أو أكثر، يضاف إلى ذلك أن ماسينيسا كان قد تربع على عرش سيرتا منذ سنة 203 ق.م و قد دام حكمه 56سنة، كما ورد ذلك في أحد نقوش معبد الحفرة بقسنطينة.[115]

---

[114] محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص 103

[115] نفسه، ص104

كذلك نجد أن ضريح الخروب لا يبعد عن عاصمة المملكة النوميدية الشرقية سيرتا إلا بحوالي 14كلم، كل هذه الدلائل تدعوا إلى ما يشبه التأكد بأن الغرفة الجنائزية بضريح الخروب كانت قد ضمت رفات الملك ماسينيسا ، و مع ذلك تبقى مسألة تشييد الضريح تطرح نفسها ، هل أنها تمت عند وفات الملك النوميدي ماسينيسا أو بعدها بسنوات قليلة ، يمكن أن تمتد إلى فترة ابنه ميسيبسا الذي ازدهرت الجوانب العمرانية و الثقافية في عهده بالمملكة النوميدية.[116]

5- أصل التسمية:

أطلقت تسمية الخروب على الضريح منذ الفتو حات الإسلا مية لشمال إفريقيا ، وكلمة الخروب في اللهجة الجزائرية ذات الجذور العربية تعني البناء المهجور الذي لحقه التهديم و يعود إلى عصور سالفة، و ذلك نتيجة التهديم الذي كان عليه الضريح.[117]

---

[116] محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة و التطور**، مرجع سبق ذكره، ص 104

[117] نفسه، ص 100

الخلاصة:

لقد بني ضريح الخروب فوق هضبة صخرية تشرف على عاصمة النوميديين سيرتا، يبلغ ارتفاعه الحالي 6 أمتار، بني بالحجارة الكبيرة المنحوتة وضعت دون ملاط ، يتكون من قاعدة مربعة و طابقين أما القسم الداخلي فيتكون من المدفن الأرضي الذي يقع على عمق 1,50م من سطح الأرض مبني بالحجر المنحوت و فوقه قبو آخر ضيق، وقد قام المهندس المعماري راكوب بمحاولة لإعادة تشكيل الضريح في جوان 1974م حيث توصل إلى أن الإرتفاع الإجمالي للضريح قد يصل في الأصل إلى 30 م، لكن هذا المخطط لم يجسد في أرض الواقع ، أما عن تأريخ الضريح فيرجعه أغلب الباحثين إلى ماسينيسا أو ابنه مسيبسا.

الفصل الثالث:

عموميات حول ضريح إمدغاسن

الفصل الثالث: عموميات حول ضريح إمدغاسن

تمهيد

1 -التعريف بولاية باتنة و تاريخها

2 -الإطار الجغرافي و المناخي لضريح إمدغاسن

3 -الدراسة المعمارية للضريح

4 -تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة

5 -أصل التسمية

الخلاصة

تمهيد:

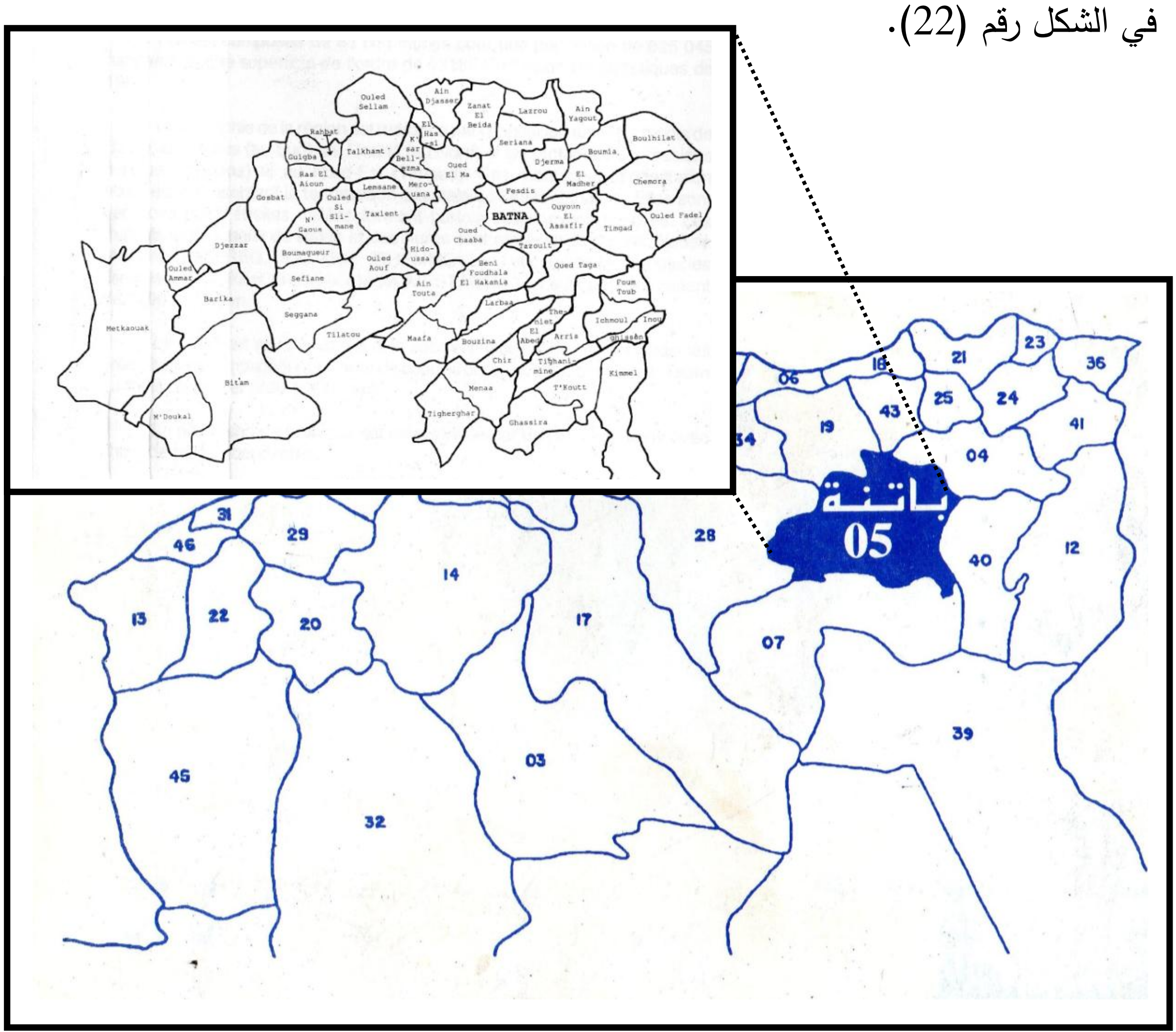
لا شك أن ظهور ممالك الماصيل و الماصيصيل فجأة في القرن الثالث قبل الميلاد لا يعني بالضرورة أنها وليدة تلك الفترة، إنما تمتد جذورها حسب بعض الباحثين إلى أبعد من ذلك و يدع م هذا الرأي بعض الشواهد التاريخية ، فضريح المدغاسن بباتنة الذي يحتمل أنه شيد في نهاية القرن الرابع و بداية القرن الثالث قبل الميلاد لا يعدو إلا أن يكون ضريح مشترك لسلالة حاكمة تنحدر من قبائل الماصيل ، التي يرى بعض الباحثين المعاصرين أن أصولهم قد تنحدر من المناطق القريبة من الأوراس، إلى جانب هذا فوقوع ضريح المدغاسن في وسط مقبرة قديمة واسعة قد يجعلنا نفترض وجود مدينة هامة في هذه المنطقة، اتخذها ملوك الماصيل الأوائل عاصمة لهم و للأسف لم يبق من آثارها إلا معالمها الجنائزية.[118]

[118]رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م إلى عشية الفتح الإسلامي**، دار هومة، الجزائر، ص 45-47

1- التعريف بولاية باتنة و تاريخها:

1-1 التعريف بولاية باتنة:

تقع ولاية باتنة في الشرق ال جزائري على بعد 420 كلم من الجزائر العاصمة ، مساحتها الإجمالية تقدر بـ 13185 كلم^2، يحدها من الشمال أم البواقي و سطيف ، من الشرق خنشلة، من الغرب مسيلة و من الجنوب بسكرة، تتكون من 63 بلدية بكثافة سكانية تقدر بـ 825045 نسمة، حسب إحصائيات 1989م[119]، و موقع الولاية موضح في الشكل رقم (22).



شكل رقم (22): خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية باتنة

عن : ORGM ; **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie: wilaya de Batna**

119 - ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie " Wilaya de Batna",** éditions du service géologique de l'Algérie , Boumerdès, 1998 , p 3

1 2 تاريخ المنطقة:

لقد مرت المنطقة بعدة فترات نذكر منها:

أ -فترة ما قبل التاريخ:

مازالت المعلومات حول هذه الفترة في منطقة الأوراس يكتنفها الكثير من الغموض باستثناء الدراسة التي أقيمت في السبعينات من طرف الباحثة روبي (C.Roubet) حول موقع كهف خنقة سي محمد الطاهر الواقع بالسفوح الشمالية للكتلة الأوراسية المطلة على حوض تيمقاد فإن جل الأبحاث و الدراسا ت لم تتعدى طور التحريات الأثرية ، و كذلك الأعمال الميدانية التي قام بها الباحث بالي (J.L.Ballais) مكنته من التعرف وتحديد 43 موقعا تعود إلى فترة ما قبل التاريخ كانت مجهولة.[120]

ب -فترة فجر التاريخ:

تتوزع بمنطقة الأوراس عدد من المواقع الأثرية التي تعود إلى فجر التاريخ والتي تتوزع عند المنحدرات الشمالية لجبال الأوراس.[121]

ت -الفترة النوميدية:

عرفت بلاد المغرب القديم وجود كيانات سياسية محلية مستقلة، شكلت مملكة نوميديا الشرقية إحداها، هذه الأخيرة غطت الشرق الجزائري و بعض الأجزاء التونسية أنذاك، وإن كان ذكر ملكة الماسيل لم يرد إلا في كتابات مؤرخي القرن الرابع قبل الميلاد و ما بعده، لارتباطه بأحداث خارجية قرطاجية أو رومانية ، لكن المؤشرات الحضارية ترجع وجودها

---

[120] محمد الشريف (حسين)، <<مواقع فجر التاريخ بالأوراس منطقة واد الطاقة نموذجا >>، <u>**الأوراس عبر التاريخ**</u> ، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2014، ص 295.

[121] نفسه، ص 295

إلى ما قبل ذلك بكثير ، و لكنها عرفت تطورات منذ القرن الثالث ق .م إلى توحيد النوميديتين الشرقية و الغربية في عهد ماسينيسا لاحقا.[122]

و تشير بعض الدراسات عن أصول مملكة الماسيل أنها ترجع إلى منطقة الأوراس أين نجد الضريح الملكي الضخم "إمدغاسن " الذي قد يعود إلى أسرة ملكية نوميدية و الذي يعد من أجمل الآثار التي تركها الإنسان في شمال إفريقيا.[123]

ث -الفترة الرومانية:

تأثرت منطقة الأوراس بالوجود الروماني منذ سنة 46ق.م، و الإحتلال الكامل لها منذ 40م[124]، و لم يبسط الرومان نفوذهم على كامل منطقة الأوراس ، بل احتلوا المناطق التي لا تكلفهم كثيرا و تدر عليهم أرباحا ، فشيدوا مدينة تيمقاد على الطريق الروماني الذي يمر شمال الأوراس و يربط المدينة بخنشلة و تبسة شرقا و لامباز و القنطرة غربا، و كانت مهمة الجيش المتمركز في المدينة مراقبة طرق الأوراس الجبلية و التصدي لمقاومة السكان.[125]

ج -فترة الإستعمار الفرنسي:

تعد منطقة الأوراس إحدى قلاع المقاومة و الثورة ، و ملجأ الثوار المتمردين ضد المستعمر الفرنسي ، خصوصا لما اكتشفت المنظمة السرية سنة 1950م حيث بقيت خلاياها قائمة و نشطة و رفض قائد الأوراس مصطفى بن بولعيد حلها، مما أهل المنطقة لأن تكون رأس الحرب و القلب الحي النابض لاندلاع ثورة نوفمبر 1954م حيث كانت الولاية الأولى (الأوراس) في ليلة الفاتح من نوفمبر الميدان الأول لهذه الثورة حيث جرت

---

[122]حفيظة (لعياظي)، <<نظرة في التطور الحضاري لنوميديا الشرقية >>، **الأوراس عبر التاريخ** ، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2014، ص 95

[123]محمد العيد (مطمر)، مرجع سبق ذكره، ص 290

[124]حفيظة (لعياظي)، مرجع سبق ذكره، ص 95

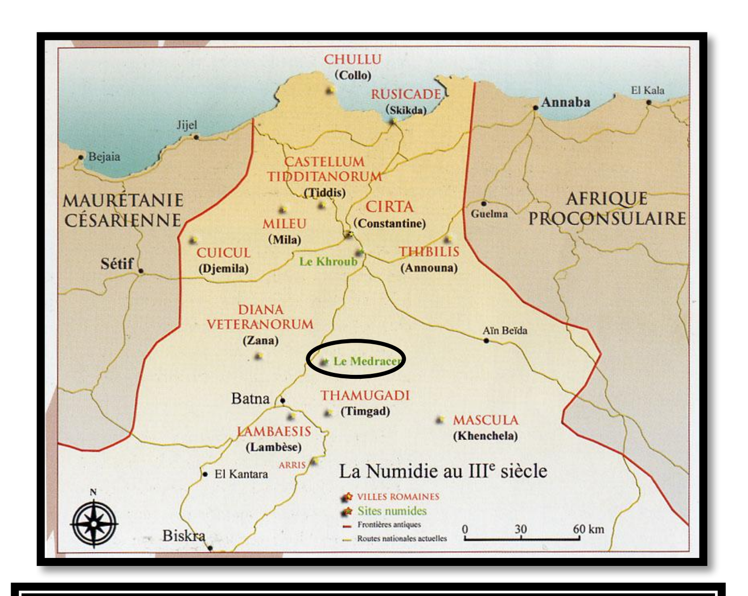
[125]محمد العيد (مطمر)، مرجع سبق ذكره، ص 290

عمليات عسكرية هجومية شملت جميع نواحي المنطقة، و ظلت ثابتة على هذا الخط وصامدة في وجه العدو و حاضنة للثورة إلى أن استقلت البلاد في 5 جويلية 1962م.[126]

2 - الإطار الجغرافي و المناخي لضريح إمدغاسن:

2 - 1 الموقع الجغرافي للضريح:

الضريح النوميدي المعروف تحت اسم إمدغاسن تابع إداريا إلى ولاية باتنة، بحيث يبعد عنها بحوالي 40 كم، و بـ 100كم عن ولاية قسنطينة، و هو يقع ما بين بلدية المعذر و عين ياقوت[127] و يبعد عن هذه الأخيرة بـ 9 كم من ناحية الجنوب الشرقي.[128]



شكل رقم (23): خريطة تبين موقع ضريح إمدغاسن. عن:
Roblès (J. M), Sintes (C), Sites et monuments antiques de l'Algérie, France, 2003, p148

و هو ليس بعيد عن الطريق الولائي رقم 26 الذي يربط ولاية باتنة بقسنطينة، كما نجد أن إمدغاسن يجاور سبخة كانت تسمى في القديم بالسبخة الملكية «Lac Royal» أو باللاتينية « Lacus Regius ».[129] و موقع الضريح موضح في ال شكل رقم (23).

[126] يوسف (قاسمي)، << سؤال الثورة في الولاية الأولى – أوراس النمامشة و رد الفعل الإستعماري >>، **الأوراس عبر التاريخ**، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2013، ص 236-247

[127] Camps (G), " nouvelles observation sur l'architecture et l'âge du Medracen mausolée royal de Numidie", dans : **compte rendus de l'académie des inscription**, sans lieu, 1973, p 470

[128] Gsell (S) , **Les monuments antiques de l'Algérie**, tome I, Paris, 1901, p65

[129] Gsell (S), **Histoire ancien de l'Afrique du nord**, tome VI, sans lieu, 1972, p 262

أما فلكيا فالمدغاسن يقع بين خطي طول 6°و 30' شرقا و 6°و25' غربا، وبين دائرتي عرض 35°و45' شمالا و 35°و40' جنوبا.

2 2 المعطيات الطبيعية للمنطقة:

يتواجد ضريح إمدغاسن على ارتفاع 900م على مستوى سطح البحر تقريبا، و هو بذلك يقع على هضبة تتوسط سلسلتين جبليتين، بحيث نجد جبل عازم من جهة الشمال وتبلغ أعلى قمة فيه 1173م و تسمى رأس أنقوت، أما م ن جهة الجنوب فنجد جبال تافروت وتبلغ أعلى قمة فيها 1125 م، في حين نلاحظ من ناحيتي الشرق و الغرب وجود هضاب يتراوح علوها ما بين 800م و 900م، كما يوضحه الشكل رقم (24) والتي تمثل خريطة طبوغرافية لولاية باتنة، و لعل موقعه بين السلسلتين الجبليتين يجعله محمي من التأثيرات ا لجوية الآتية من الشمال و الجنوب ، و هذا ما يترجم حالة الحفظ الجيدة للواجهة الشمالية في الضريح.

الغطاء النباتي قليل نظرا لموقع المنطقة، و تتركز معظم الأشجار في أعالي جبلي تافروت و بوعريف كما هو مبين في الشكل رقم (24)، أما بجوار الضريح و بالقرب منه فلا توجد سوى بعض النباتات القصيرة والحشائش.

بالنسبة للشبكة المائية ما يميز المنطقة هو وجود سبخة تسمى سبخة جندلي، وهي متواجدة من جهة الشرق بالنسبة لضريح المدغاسن و لا تبعد كثيرا عنه، كما تظهره نفس الخريطة.



شكل رقم (24): خريطة طبوغرافية لولاية باتنة مبين عليها موقع ضريح إمدغاسن

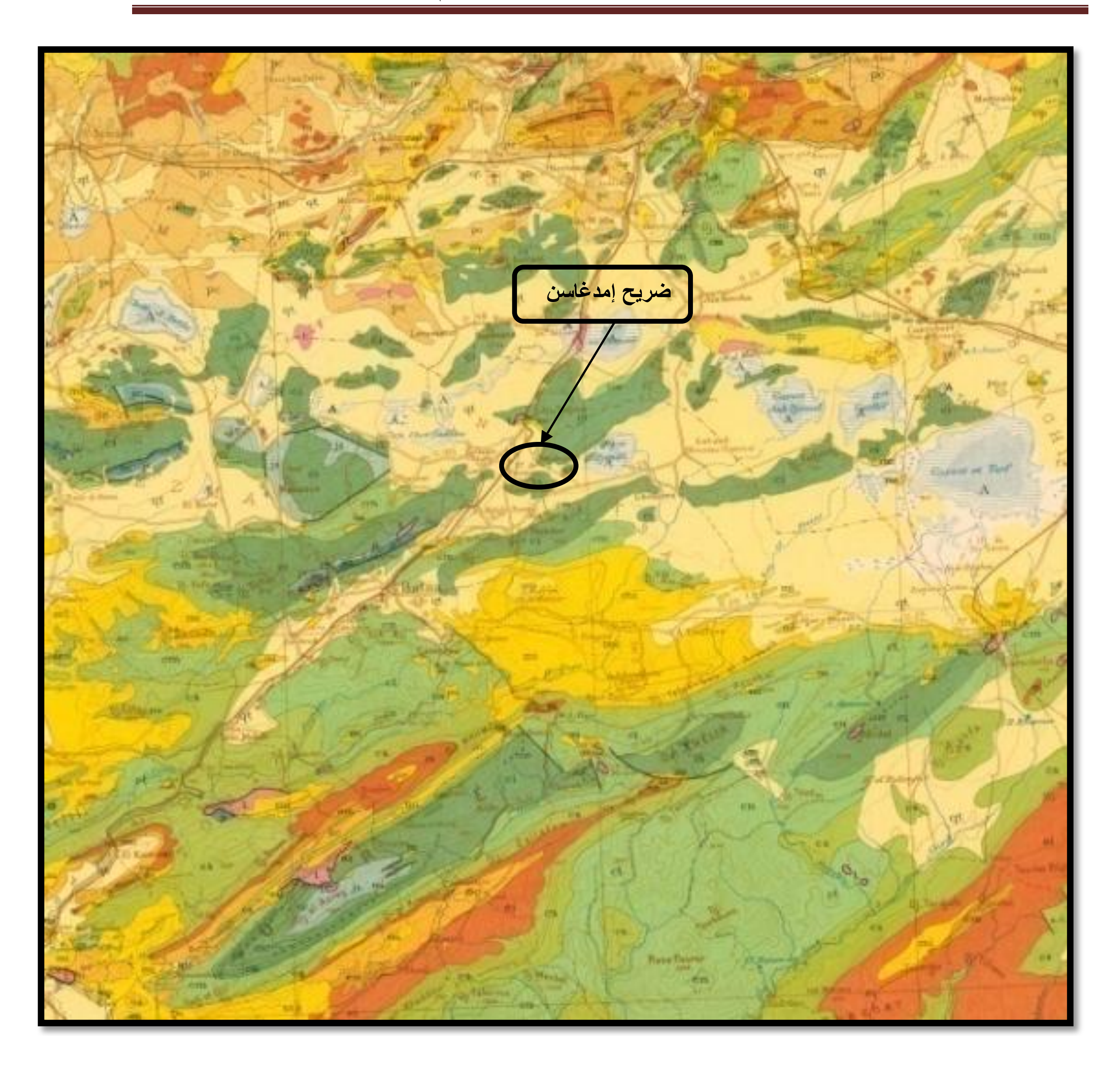
عن: المعهد الوطني للخرائط و الإستشعار عن بعد

2 3 الدراسة الجيولوجية للمنطقة:

يتميز موقع الضريح بو جود نوعين رئيسيين من الصخور هما : الحجر الجيري والرملي اللذان يتميزان بسهولة التكسير ، مما شكلا المادة الخام لبناء الضريح و المقبرة المحيطة به، كما يتوفران بكثرة في جبلي تافروت و عازم.[130]

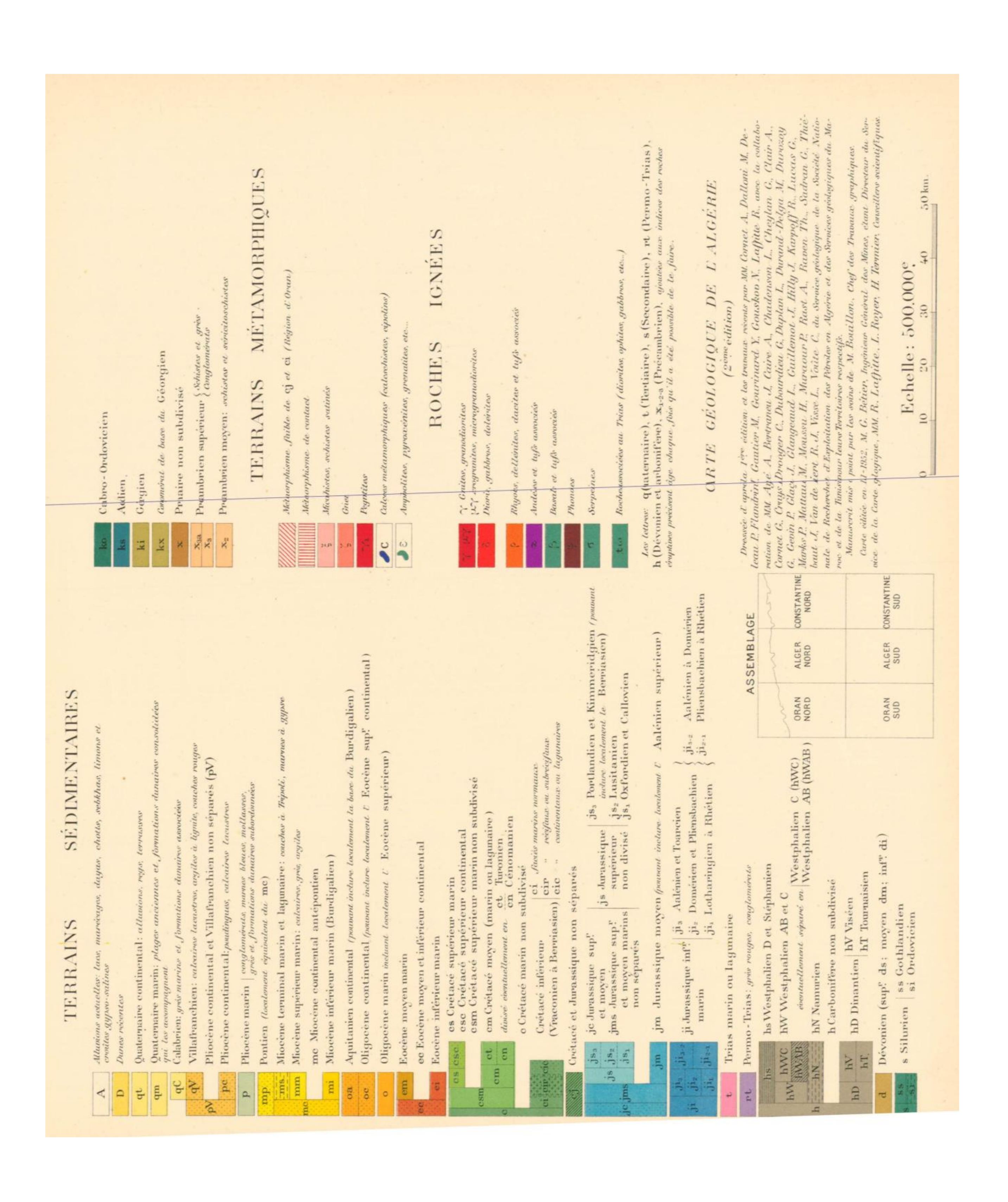
من خلال الشكل رقم (25) و الذي يمثل خريطة جيولوجية لمنطقة باتنة و ما جاورها نلاحظ أن أغلب الصخور المتواجدة بالقرب من ضريح إمدغاسن هي صخور رسوبية و تعود إلى الزمن الجيولوجي الذي يسمى بالكريتاسي الأوسط بالنسبة لجبال عازم في حين نجد أن الصخور المكونة لجبال تافروت و بوع ريف تشكلت خلال الكريتاسي الأسفل، و من خلال الشكل رقم (26) يمكن القول أن الصخور الرملية والكلسية هي الأكثر تواجدا بالقرب من ضريح المدغاسن ما يفسر كثرة استغلالها في البناء منذ القديم.

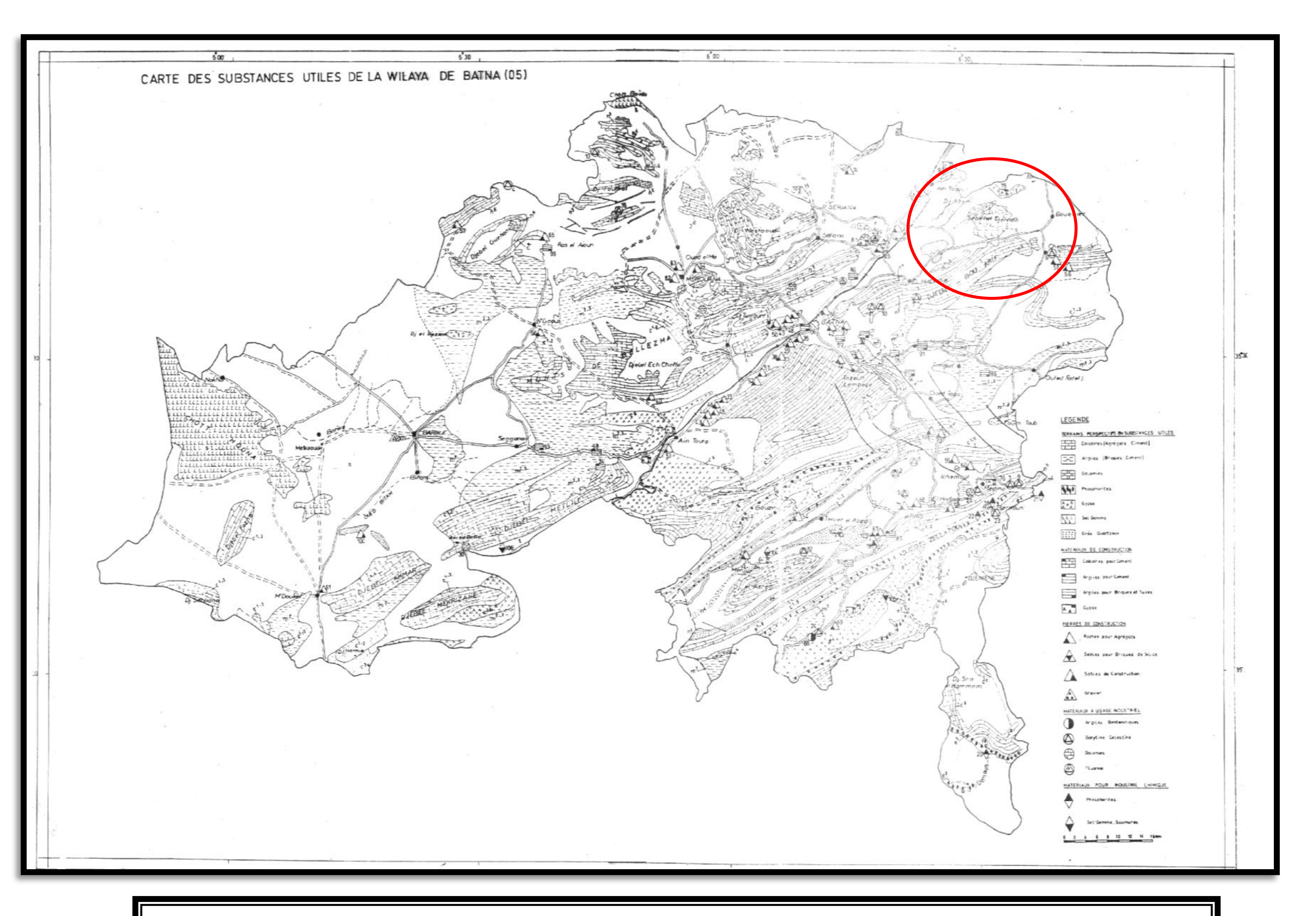
[130] رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق .م إلى غاية عشية الفتح الإسلاميفي القرن السابع م** ، دار هومة، الجزائر، 2002م، ص 67



شكل رقم (25): خريطة جيولوجية لولاية باتنة

عن مكتبة علوم الأرض


TERRAINS SÉDIMENTAIRES
TERRAINS MÉTAMORPHIQUES
ROCHES IGNÉES
CARTE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE
(2ème édition)
Echelle : 500.000e
ASSEMBLAGE
ORAN NORD
ALGER NORD
CONSTANTINE NORD
ORAN SUD
ALGER SUD
CONSTANTINE SUD



شكل رقم (26): خريطة جيولوجية لولاية باتنة موضحين عليها أهم مقالع الحجارة الجيرية المتواجدة بالقرب من ضريح إمدغاسن

Dans: ORGM, **Carte des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Batna**

2 4 المناخ:

تنتمي ولاية باتنة إلى نطاق مناخ الإستبس، الذي يغطي كل الهضاب العليا ، وهو مناخ انتقالي بين المتوسطي و الصحراوي ، و هنا تبدأ ملامح المناخ المتوسطي في الإنحصار تدريجيا من الشمال لتفسح المجال للمناخ الجاف المتميز بالظروف القارية[131]، الذي يتميز بصيف حار و جاف و شتاء بارد [132]، و الأمطار قليلة و غير منتظمة تبلغ أقصاها في شهر جانفي بحيث تتراوح كميتها ما بين 200 و300مم خلال السنة.[133]

2-4-1- الحرارة:

ما يميز ولاية باتنة هو ارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف و انخفاضها كثيرا في فصل الشتاء ، و أما معدل الحرارة خلال السنة فقد تم تسجيل 16°م سنة 1994م، و تبلغ درجات الحرارة أقصاها خلال شهر أوت بحيث سجلت 40,6°م في حين سجلت أدنى الدرجات خلال شهر ديسمبر أين وصلت إلى 5,2-°م[134]، أما خلال سنة 2004م فمعدل الحرارة خلال السنة يقدر بـ 15° و قد سجلت أعلى درجة حرارة خلال شهر أوت أيضا بحيث وصلت إلى 42°م، و أما أدنى الدرجات فقد سجلت في شهر فيفري وهي تقدر بـ 5,9-°م[135]، و الجدول رقم (17) يمثل درجات الحرارة المتوسطة المسجلة خلال سنوات 1994م، 2000م، 2004م و 2012م.

---

131 محمد الهادي (العروق)، **أطلس الجزائر و العالم**، دار الهدى، الجزائر، دون تاريخ، ص 18.

132 ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie " Wilaya de Batna",** op.cit, p 3

133 محمد عبد الهادي (لعروق)، مرجع سبق ذكره، ص 18

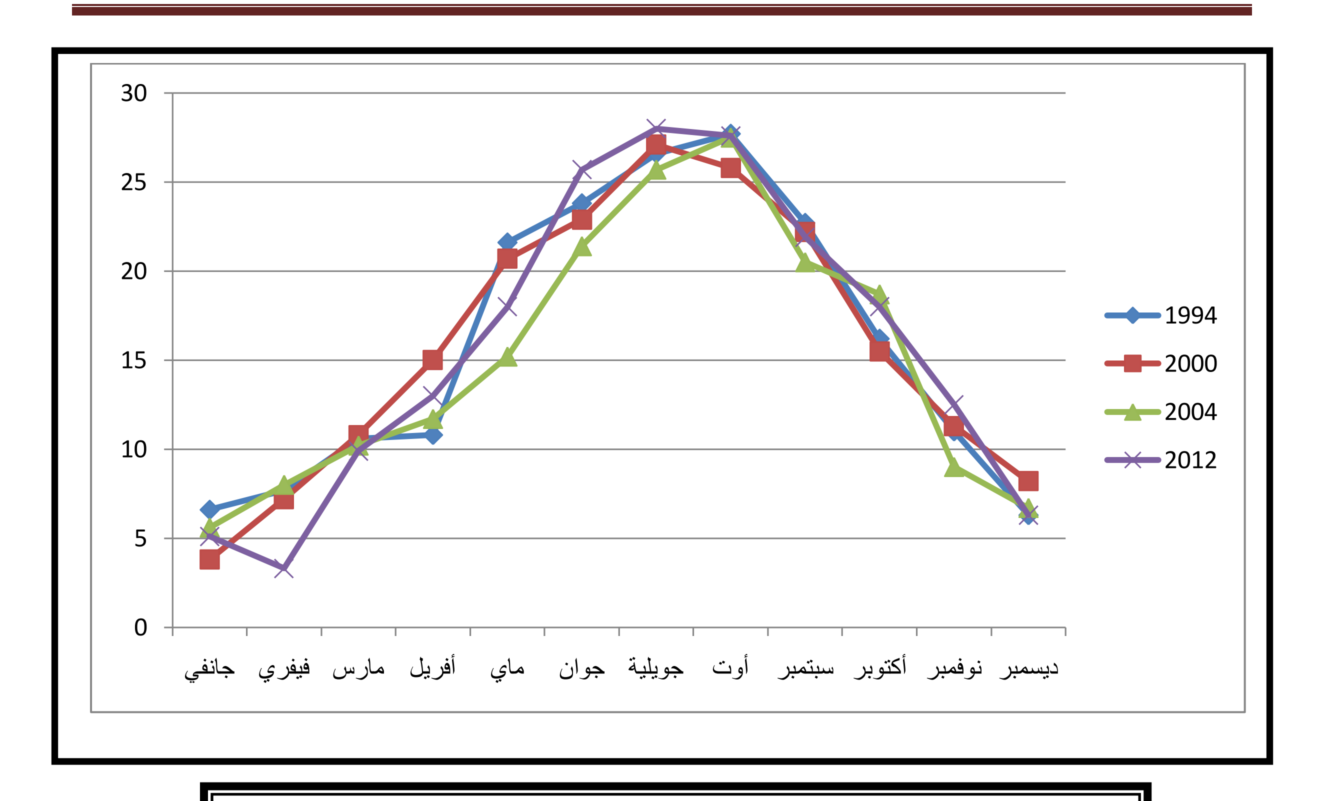
134 ONM, **Résumé annuel du temps en Algérie,** Alger, 1994, p 28

135 ONM, **Résumé annuel du temps en Algérie,** Alger, 2004, p 27

جدول رقم 17: المعدل الشهري لدرجات الحرارة المتوسطة (°م) لولاية باتنة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	1994 م	2000 م	2004 م	2012 م	معدل الحرارة
جانفي	6,6	3,8	5,6	5,1	5,3
فيفري	7,7	7,2	8,0	7,2	7,5
مارس	10,6	10,8	10,2	10,8	10,6
أفريل	10,8	15,0	11,7	15,0	13,1
ماي	21,6	20,7	15,2	20,7	19,5
جوان	23,8	22,9	21,4	22,9	22,7
جويلية	26,6	27,1	27,7	27,1	27,1
أوت	27,7	25,8	27,5	25,8	26,7
سبتمبر	22,7	22,2	20,5	22,2	21,9
أكتوبر	16,2	15,5	18,7	15,5	16,5
نوفمبر	11,0	11,3	9,0	11,3	10,6
ديسمبر	6,3	8,2	6,7	8,2	7,3
المعدل السنوي	16,0	15,9	15,0	15,9	15,7

و لتوضيح هذه التغيرات استعنا بمعطيات الجدول السابق و وضعناها على شكل مخطط كما يوضحه الشكل رقم (27)



شكل رقم (27): منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية باتنة

و فيما يلي جدول رقم 18 الذي يمثل المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا بولاية باتنة خلال سنوات 2005م، 2006م، 2007م و 2008م.

جدول رقم 18: المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا (°م) لولاية باتنة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	1994 م	2000 م	2004 م	2012 م	معدل الحرارة
جانفي	-3,5	-3,1	-5,6	-2,1	-3,6
فيفري	-3,4	-1,0	-5,9	-2,5	-3,2
مارس	-1,5	2,7	-5,3	2,5	-0,4
أفريل	-2,9	6,9	-2,4	6,0	1,9
ماي	2,5	12,8	0,2	8,3	5,9

جوان	6,6	14,8	7,8	15,7	11,2
جويلية	11,8	17,8	10,9	18,2	14,6
أوت	14,1	16,6	13,8	17,4	15,5
سبتمبر	5,2	14,4	3,8	13,2	9,1
أكتوبر	4,7	9,0	3,0	10,4	6,8
نوفمبر	−1,5	4,1	−0,5	5,7	2,0
ديسمبر	−5,2	1,4	−2,5	−0,6	−8,1

يلاحظ من خلال الجدول اختلاف درجات الحرارة من سنة إلى أخرى و قد سجلت أدنى قيمة لدرجة الحرارة في شهر ديسمبر خلال سنة 1994م أين تم تسجيل 5,2−°م، وفي شهر جانفي خلال سنتي 2000م و 2004م أين تم تسجيل 3,1−°م و 5,6−°م على التوالي، بينما سجلت أدنى قيمة لدرجات الحرارة خلال سنة 2012م في شهر فيفري بحيث تم تسجيل 2,5−°م.

أما عن الدرجات القصوى فهي موضحة في الجدول رقم 19.

جدول رقم 19: المعدل الشهري لدرجات الحرارة القصوى (°م) لولاية باتنة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	1994 م	2000 م	2004 م	2012 م	معدل الحرارة
جانفي	19,4	10,8	19,6	12,3	14,0
فيفري	24,5	15,5	22,7	9,0	17,9
مارس	24,7	18,9	25,1	17,3	21,5
أفريل	26,6	23,1	24,1	20,1	23,5
ماي	40,5	28,5	26,7	27,7	30,8
جوان	40,3	31,0	36,0	35,8	35,8
جويلية	40,0	36,3	38,5	37,8	38,1
أوت	40,6	35,1	42,0	37,9	38,9
سبتمبر	36,0	30,1	36,8	30,6	33,4
أكتوبر	27,4	22,0	33,1	25,6	27,0
نوفمبر	22,0	18,5	19,4	19,3	19,8
ديسمبر	19,7	15,1	20,7	14,2	17,4

نلاحظ من خلال معطيات هذا الجدول أن درجات الحرارة تبـلغ أقصاها في شهر أوت في السنوات : 1994م، 2004م و 2012م حيث تم تسجيل 40,6°م، و 42°م و37,9°م على التوالي ، بينما سجلت أقصى درجة حرارة خلال سنة 2000م في شهر جويلية وهي تقدر بـ 36,3°م.

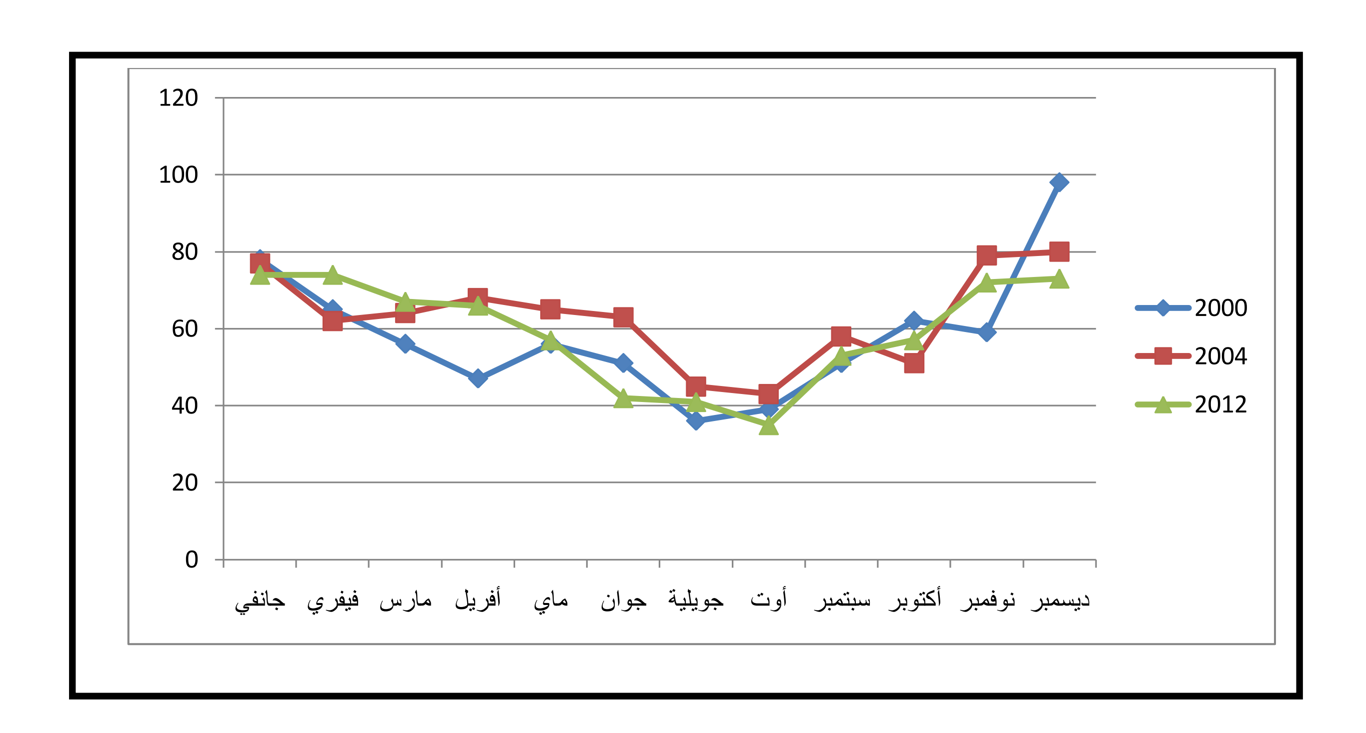
2-4-2- الرطوبة النسبية:

تتراوح الرطوبة النسبية بين 80 و 30%، و هي مرتفعة في فصل الشتاء ومنخفضة في فصل الصيف ، و الجدول رقم 20 يمثل تغيرات نسب الرطوبة النسبية خلال سنوات 2000م، 2004م و 2012م.

جدول رقم 20: المعدل الشهري للرطوبة النسبية المتوسطة (%) لولاية باتنة- عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2000 م	2004م	2012م
جانفي	78	77	74
فيفري	65	62	74
مارس	56	64	67
أفريل	47	68	66
ماي	56	65	57
جوان	51	63	42
جويلية	36	45	41
أوت	39	43	35
سبتمبر	51	58	53
أكتوبر	62	51	57
نوفمبر	59	79	72
ديسمبر	68	80	73
المعدل السنوي للرطوبة النسبية	56	63	59

نلاحظ من خلال هذا الجدول أن الرطوبة النسبية تتغير باستمرار و هذا ما يسبب في إتلاف أي مادة أثرية مهما تكن طبيعتها خاصة عندما يكون الفارق بين نسبتين متتاليتين كبير، تبلغ أقصاها في شهر جانفي بحيث تم تسجيل 74% وتنخفض كثيرا في شهر أوت و تصل إلى 35%، أما المعدل السنوي فهو 59% وهذا خلال سنة 2012م و لتوضيح تغيرات الرطوبة النسبية على مدار العام وضعنا معطيات الجدول السابق في منحنيات كما يوضحه الشكل رقم (28).



شكل رقم (28): منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة بولاية باتنة

و فيما يلي جدول رقم 21 الذي يمثل الرطوبة النسبية الدنيا بولاية باتنة خلال سنوات 2000م و 2012م.

جدول رقم 21: الرطوبة النسبية الدنيا (%) لولاية باتنة - عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	2000 م	2012م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	44	44	44
فيفري	32	49	40
مارس	25	37	31
أفريل	19	38	28
ماي	23	27	25
جوان	20	18	19
جويلية	13	17	15
أوت	15	14	14
سبتمبر	23	25	24
أكتوبر	33	30	31
نوفمبر	33	46	39
ديسمبر	38	47	42
المعدل السنوي	27	33	30

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن الرطوبة النسبية وصلت إلى أدنى قيم لها خلال شهري جويلية و أوت في سنة 2000م أين سجلت رطوبة نسبية تقدر بـ 13%، أما في سنة 2012م فقد سجلت أدنى نسبة للرطوبة النسبية في شهر أوت وتقدر بـ14%.

أما عن الرطوبة النسبية القصوى فهي مسجلة في الجدول رقم 22.

جدول رقم 22: الرطوبة النسبية القصوى (%) لولاية باتنة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية–

السنوات / الأشهر	2000 م	2012م	معدل الرطوبة النسبية
جانفي	97	92	94
فيفري	93	91	92
مارس	89	89	89
أفريل	78	90	84
ماي	87	89	88
جوان	83	73	78
جويلية	65	70	67
أوت	67	59	63
سبتمبر	78	80	79
أكتوبر	86	83	84
نوفمبر	82	92	87
ديسمبر	91	91	91
المعدل السنوي	83	83	83

نلاحظ من خلال الجدول أن ولاية باتنة تتميز بارتفاع الرطوبة النسبية في فصل الشتاء، و قد بلغت الرطوبة النسبية أقصاها في سنة 2000م خلال شهر جانفي والتي قدرت بـ 97%، و في سنة 2012م سجلت أعلى رطوبة نسبية خلال شهر ي جانفي ونوفمبر و هي تقدر بـ 92%.

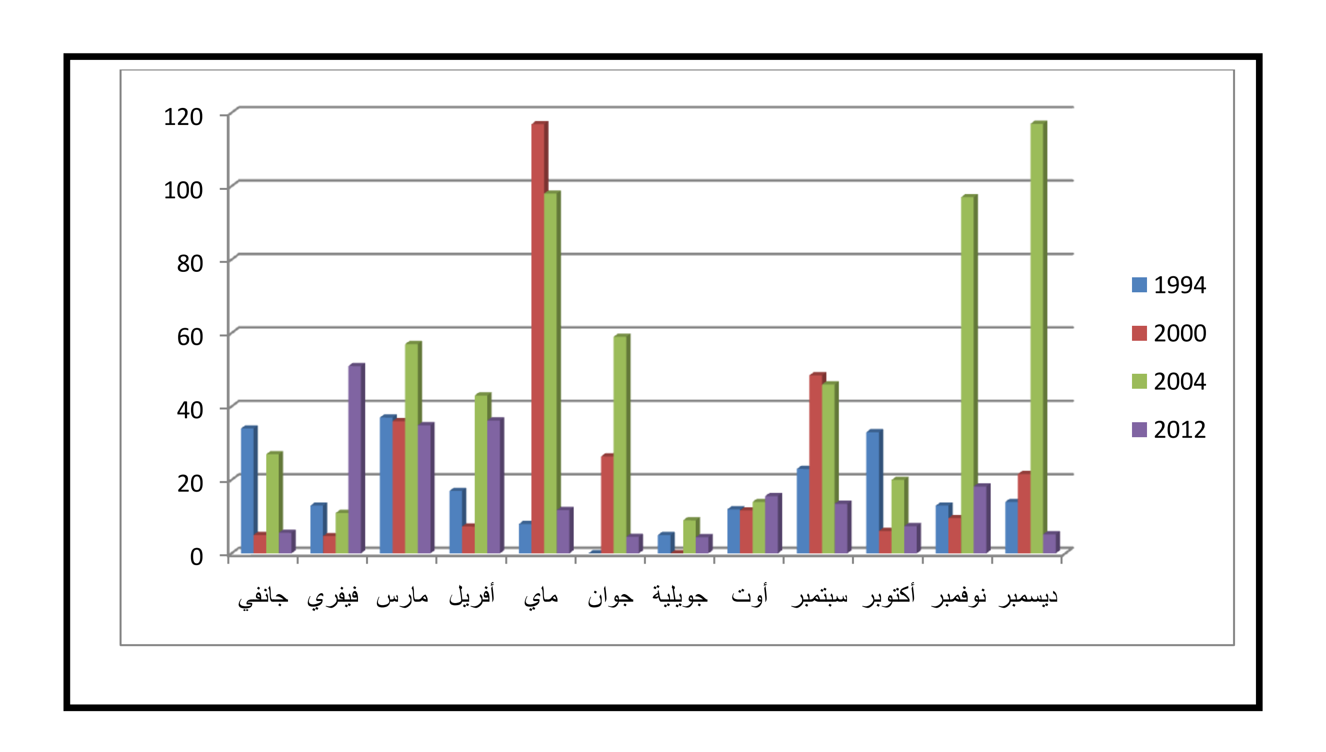
2-4-3- التساقط:

كمية التساقط تختلف من سنة إلى أخرى و هي معتبرة قدرت بـ 598مم في سنة 2004م، و الجدول رقم 23 يمثل كمية التساقط المسجلة خلال أشهر السنة بولاية باتنة.

جدول رقم 23: كمية التساقط خلال أشهر السنة (مم) بولاية باتنة – عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية –

السنوات / الأشهر	1994م	2000 م	2004م	2012 م
جانفي	34,6	5,0	27	5,6
فيفري	13,6	4,7	11	51,0
مارس	37,6	36,0	57	34,9
أفريل	17,6	7,3	43	36,2
ماي	8,5	116,9	98	11,8
جوان	00	26,4	59	4,5
جويلية	5,4	00	9	4,4
أوت	12,7	11,7	14	15,6
سبتمبر	23,6	48,5	46	13,5
أكتوبر	33,6	6,1	20	7,4
نوفمبر	13,8	9,6	97	18,2
ديسمبر	14,8	21,6	117	5,2
كمية التساقط خلال السنة	215,8	293,8	598	208,3

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن كمية التساقط تتراوح بين 0,0مم و116,9مم في الشهر، و قد سجلت أعلى كمية تساقط في سنة 1994م خلال شهر مارس و هي تقدر بـ 37,6 مم وانعدمت هذه النسبة في شهر جوان، أما في سنة 2000م فقد سجلت أعلى كمية للتساقط خلال شهر ماي و التي قدرت بـ 116,9 مم في حين أقل نسبة تساقط كانت في شهر جويلية أين انعدمت، و في سنة 2004م سجلت أعلى نسبة للتساقط في شهر ديسمبر و هي تقدر بـ 117 مم و أدنى قيمة كانت في شهري جويلية وأكتوبر و هي تقدر بـ 4 مم، أما في سنة 2012م كانت أعلى كمية تساقط خلال شهر فيفري أين بلغت 51,0 مم في حين أقل كمية تساقط كانت في شهر جو يلية حيث قدرت بـ4,4 مم، و للتوضيح أكثر وضعنا معطيات هذا الجدول على شكل أعمدة كما يوضحه الشكل رقم (29).



شكل رقم (29): أعمدة بيانيۃ لتغيرات كمية التساقط خلال أشهر السنة في ولاية باتنة

2-4- 4- الرياح:

سرعة الرياح متغيرة كما يوضحه الجدول رقم 24، إلا أنها خطيرة على المعالم الأثرية خاصة الرياح الجنوبية التي تحتوي على الرمال.

جدول رقم 24:المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا) بولاية باتنة - عن المعهد الوطني للأرصاد الجوية-

السنوات / الأشهر	1994م	2000م	2004م	2012م
جانفي	29	13	16	28
فيفري	27	21	33	10
مارس	20	25	19	30
أفريل	26	25	19	5
ماي	28	23	22	7
جوان	22	28	18	28
جويلية	26	20	20	17
أوت	30	22	17	3
سبتمبر	33	25	24	4
أكتوبر	22	21	21	12
نوفمبر	16	23	17	3
ديسمبر	16	26	20	31

من خلال معطيات هذا الجدول نلاحظ أن سرعة الرياح تختلف من سنة لأخرى ومن شهر لآخر و قد سجلت أعلى سرعة للرياح في سنة 2000م خلال شهر جوان

بحيث قدر المعدل الشهري لها بـ 28 م/ثا أما أدنى معدل فقد كان في شهر جانفي وهو يقدر بـ 13م/ثا، و في سنة 2012م قد سجل أعلى معدل شهري لسرعة الرياح خلال شهر ديسمبر و قدر بـ 31 م/ثا أما أدنى معدل فقد كان في شهر نوفمبر و يقدر بـ 3م/ثا.

3-الدراسة المعمارية للضريح:

3-1- وصف الضريح:

هذا الضريح يربطه الأثريون إلى نمط بربري قديم يتمثل في البازينات الدائرية، له شكل طبل أسطواني متوج بجذع مخروط مدرج[136]، طوله العام يقدر بـ 18,35م أما قطر القاعدة فيقدر بـ 58,86م[137]، إلا أن هذه المقاسات ليست موحدة عند جميع الباحثين نظرا لاختلاف حالة حفظ الضريح من سنة لأخرى.

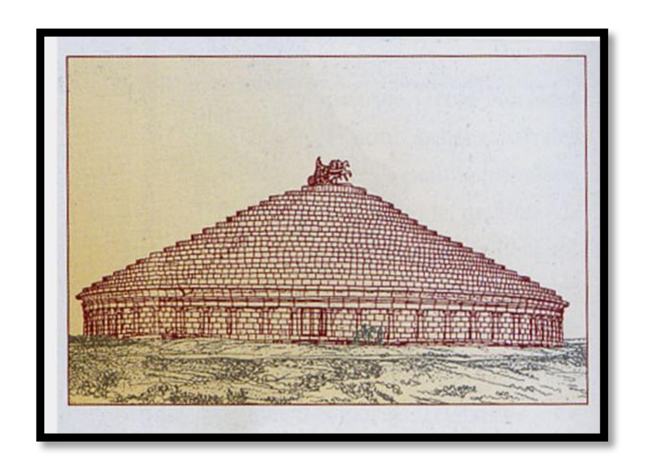
و لقد تعددت الدراسات و الأبحاث الأثرية فيما يخص هذا المبنى، سواء فيما يتعلق بشكله الخارجي أو الداخلي و لكن بشكل عام يمكن تقسيم أجزاء المعلم إلى قسمين أساسيين وهما:

- القسم الخارجي: و هو يتضمن قاعدة، جزء أسطواني و مخروط مدرج و هذا ما يوضحه الشكل رقم (30)، إضافة إلى المبنى الأمامي.

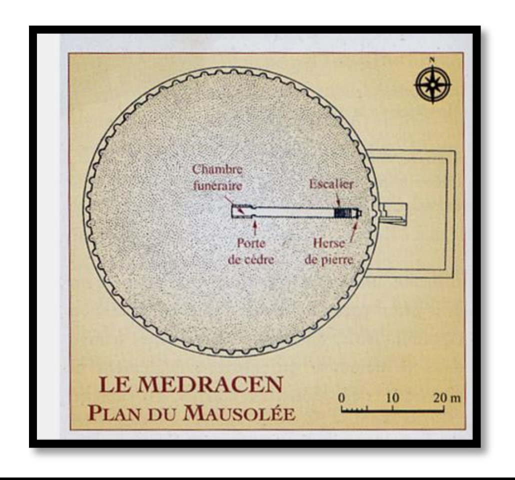
- القسم الداخلي: يتمثل في المدخل، الرواق و الغرفة الجنائزية المتواجدة داخل المبنى كما يمثله الشكل رقم (31).

136 Roblès (J.M), Sintes (C), **Sites et monuments antiques de l'Algérie**, France, 2003, p 190

137 Gsell (S), **Les monuments …**, op.cit , p65



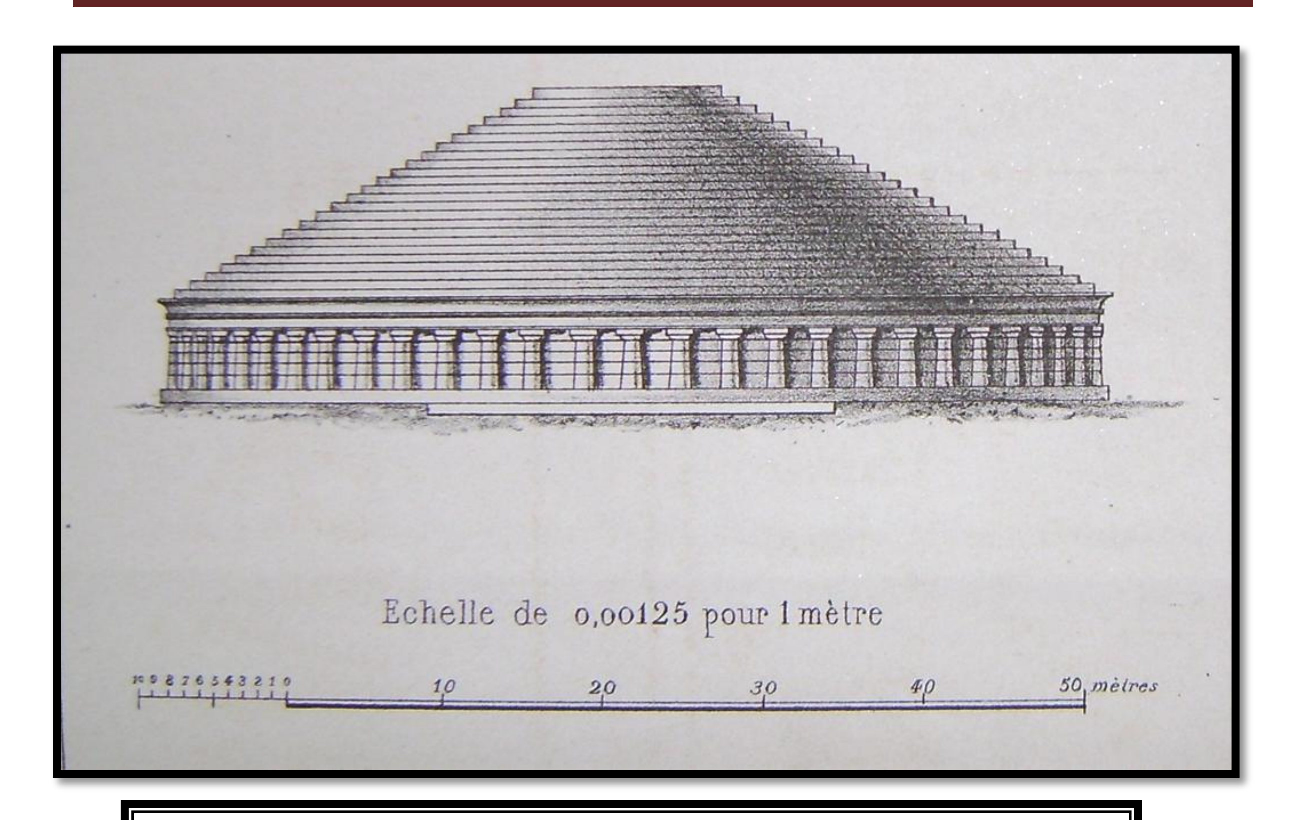
الشكل(30): مخطط يمثل القسم الخارجي لإمدغاسن
Dans: Roblès (J.M), Sintes (C), p190



الشكل(31): مخطط القسم الداخلي لإمدغاسن
Dans: Roblès (J.M), Sintes (C), p 190

3-1-1- القسم الخارجي:

رغم أن هذا الجزء تم وصفه من طرف العديد من الباحثين إلا أنه يبقى دائما شبه مجهول، فلقد تعرض هذا القسم إلى انهيارات عديدة و ذلك منذ العهود القديمة ، على مستوى الجزء الأسطواني و كذا المخروطي ، بالإضافة إلى تساقط معظم حجارة الكورنيش، ما يفسر الصعوبة التي واجهها الباحثو ن عندما حاولوا تحديد أبعاد الضريح ، لذا نجد اختلاف من باحث لآخر في مقاسات المدغاسن خ اصة فيما يتعلق بالقطر والمحيط وكذا الإرتفاع، بالإضافة إلى الأبواب الوهمية التي من الصعب جدا التأكد من شكلها الأصلي نظرا للحالة التي آلت إليها، و هناك من الباحثين من حاول إعطاء الشكل الأصلي للضريح أمثال برونو و الذي هو موضح في الشكل رقم (32).



الشكل رقم (32): إعادة تصور الشكل الأصلي لضريح المدغاسن
Dans: Recueil de Constantine, volume16

أ -القاعدة:

إن قاعدة ضريح إمدغاسن و التي تحمل الأساس الأسطواني تتكون من مدماكين، ومن مميزات هذه المداميك المعمارية هي محاولة المعماري المحافظة على ا ستوائية وتوازن الأرضية الطبيعية، و يتكون هذين المدماكين من نفس الحجر المصقول، الذي بني به تلبيس الضريح، ارتفاع الحجر في المتوسط يقدر بـ 1,10 م.[138]

ب-الجزء الأسطواني:

نجد فيه جدارين الأول خارجي، مبني بحجارة كبيرة مصقولة و يضاعف من الداخل بجدار آخر مبني بحجارة صغيرة مسطحة كلسية، و هذه الحجارة موضوعة دون ملاط[139]،

---

[138] تغليسية (محمد)، **تقرير حول ترميم قبر مادغوس**، الجزائر، 1980م، ص 24

[139] Foy, " le Madrazen», dans: **Recueil de Constantine**, tome III, Bastide libraire éditeur, Alger, 1856-1857, p 59

أما الحشو الذي ملأ به الضريح فيتكون من حجارة كبيرة و شظايا الأحجار وحجارة مختلفة الأشكال موضوعة دون ترتيب.[140]

كما يذكر غزال أنه توجد على سطح حجارة الجدار الخارجي مجموعة من الكتابات المنقوشة سواء ليبية أو بونية، بالإضافة إلى نقوش تبدوا كألعاب للتسلية[141]، و هذا أيضا ما يؤكده فوي أثناء زيارته لإمدغاسن سنة 1851م بحيث أنه لاحظ وجود مجموعة من الكتابات و الرسومات المنقوشة خاصة رسوم لحيوانات وهذا في الجزء الأسطواني ما بين الأعمدة .[142]

يرى غزال أن هذا الجزء نسبيا منخفض، بحيث يقدر طوله بحوالي 4,50 م فقط[143]، إلا أن كامبس لا يشاطره هذا الرأي فحسبه ضريح إمدغاسن له نسب البازينات ذات الهرم المدرج و كذا البازينات ذات الجزء الأسطواني و التي لا تعلو كثيرا بالنسبة لقطرها، وارتفاعه المعتبر لا ينقص أبدا في قيمته الجمالية.[144]

زين هذا الجزء بـ 60 عمود مدمج من الطراز الدوري و هي موضحة في كل من الصورة رقم (13) والشكل رقم (33)، ذات جذع غير مضلع ، تحمل عوارض ملساء تشكل العنق المصري و التي تحمل الكرنيش الموضح في الصورة رقم (14) ، البعد بين محور العمود و محور العمود الذي يليه 2,85 م.[145]

يتشكل الجزء الأسطواني من 8 مداميك، المدماك السفلي يشكل نتوء قدره 0,53م بالنسبة لمحور ما بين الأعمدة، و بذلك يشكل قاعدة للأعمدة الستين، بينما يتكون جذعها من أربعة مداميك ، في حين المدماك السادس وهو أقل طولا من سابقيه (0,38م

140 Gsell (S), **Les monuments …**, op.cit , p66

141 Idem, p 67

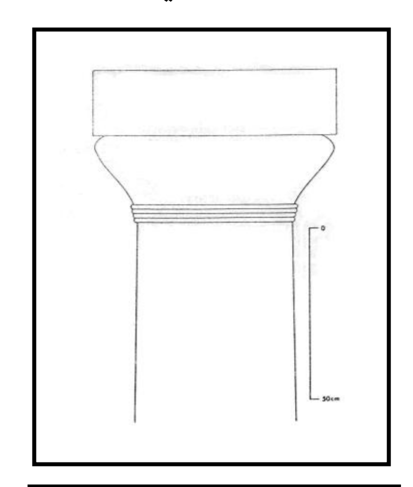
142 Foy , op.cit p 67

143 Gsell (S), **Histoire…**, op.cit, p 262,263

144 Camps (G), **Aux origines de la berberie monuments et rites funéraires protohistorique**, Paris, 1961, p 201

145 Foy, op.cit p 59

بدل0,60م و 0,55م)، و هي تشكل التاج، يقدر طول العمود مع التاج بحوالي 2,65م، المدماك السابع يشكل العوارض و هي تشكل نتوء قدره 0,21م إلى 0,22م، أما المدماك الثامن و الأخير في هذا الجزء فيمثل الكرنيش ذو العنق المصري.[146]



الشكل (33):مخطط عمود دوري
dans : Camps (G),**Aux origines de la berbérie**



الصورة (13): عمود دوري لإمدغاسن.عن الطالبة (2008م)

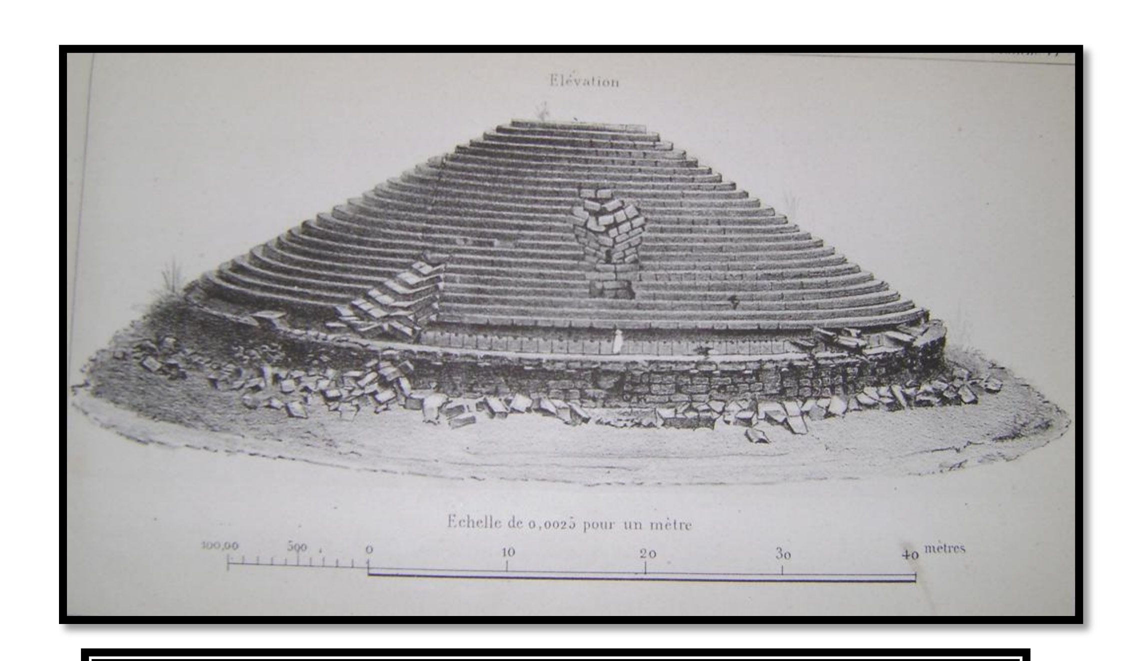


الصورة (14): كورنيش إمدغاسن
عن الطالبة (2008م)

يذكر برونو أن حجارة الكرنيش و الدرج الذي يليه تقري با متساقطة على كامل محيط الضريح ، بفعل عوامل التلف المختلفة كالرياح و الأمطار[147]، و هذا ما يبينه الشكل رقم (34).

146 Camps (G) ,"Nouvelle observation...", op3.cit , p 484,485

147 Brunon, « mémoire sur les fouilles exécutées au Madras'en mausolée des rois numide », dans : **Recueil des notices et mémoire de la société archéologique de la province de Constantine**, volume 16, Alger, 1874, p 342



الشكل رقم (34): تساقط حجارة الكرنيش في ضريح إمدغاسن
Dans: Recueil de Constantine, volume 16

أما المميزات الأخرى الأساسية لعمارة هذا الضريح فتتمثل في وجود الأبواب الوهمية، وهي ثلاثة أبواب تقسم الضريح إلى ثلاثة أجزاء متساوية، و منه‍ا بابين لا تزال أثارهما واضحة نوعا ما ، في حين الباب الثالث يكاد يندثر و ربما يكون هذا هو السبب الذي جعل الكثير من الباحثين لا يذكرونه في كتاباتهم.

و قد ذكرت هذه الأبواب لأول مرة من طرف بيكر ، إلا أنه لم يتطرق إليها بالتفصيل، كما أنه ذكر بابين وهميين فقط ، و تعتبر هذه الأبواب الوهمية من بين التأثيرات المصرية التي نجدها في الضريح أيضا.[148]

و حسب كامبس فإن إمدغاسن يحتوي في الأصل على ثلاثة أبواب وهمية التي استوحت من العمارة الدينية البونية المتأثرة بالطراز المصري ، يتواجد الباب الأول في

[148] Becker (F) , "Essai sur le Madr'asen", **Annuaire de la société Archéologique de la province de Constantine**, tome II, Abadie libraire, Constantine, 1854-1855, p.115

الشمال الشرقي و الثاني في الجنوب الشرقي ، أما الباب الثالث فيمكن إيجاد موقعه بتقسيم محيط الضريح إلى ثلاثة أجزاء.[149]

ت-جذع المخروط:

يذكر فوي أن هذا الجزء يتكون من 24 درج ، ارتفاع الدرج الواحد يقدر بـ 0,58م و عرضها 0,97م [150]، و هناك من الباحثين من خالفه الرأي أمثال كامبس الذي يرى أن هذا الجزء يتكون من 23 درج و ليس24 كما شاع تداوله عند بعض الباحثين إبتداءا من فوي، معدل طولها يقدر بـ 0,58م، و في مستوى الدرج الثالث يفتح المدخل لنجد الأدراج التي تؤدي إلى الرواق و منه إلى الغرفة الجنائزية[151]، و ينتهي الضريح في الأعلى بقمة مسطحة دائرية قطرها 11,40م، و التي قد تكون قاعدة لعناصر مع مارية أو منحوتات ، أو لربما كانت تقام عليها بعض الشعائر الدينية.[152]

نجد أن سطح الأدراج يحمل نقوش عل شكل بصمات عميقة في الحجر ، منها المتواضعة بشكل دائري أو مربع ، و التي قد تكون علامات خاصة لناحتي الحجر كما يمكن أن تكون عبارة عن العاب للتسلية بحيث تستعمل فيها حجارة بلونين مختلفين و هذه اللعبة تشبه ما يعرف حاليا بالداما [153] هذه النقوش لازالت لحد الآن و هي ممثلة في الصورة رقم(15).



الصورة (15): نقوش الألعاب في إمدغاسن.
عن الطالبة (2009م)

149 Camps (G), " Nouvelle..., op.cit, p 479
150 Foy, op.cit, p 59
151 Camps (G), " Nouvelle ...", p 479
152 Gsell (S), **Histoire …**, op.cit, p 263
153 Foy, op.cit p 63

ث-المبنى الأمامي:

تم اكتشافه من طرف كولينو ثم فوي نجده في الجهة الشرقية للضريح، عرضه 25م و يكون نتوء يقدر بـ 14م، و هو عبارة عن قاعدة مسطحة تتكون من مدماكين من الحجارة المصقولة.[154]

الجزء المتبقي من حجارة هذا الجزء يظهر أن السور قليل السمك و استعملت فيه حجارة صغيرة الحجم، و التي انتزعت بالتدريج من طرف سكان المنطقة لاستغلالها في بناء مساكنهم الخاصة.[155]

يرى فوي أن هذا المبنى الأمامي يمكن أن يكون قد خصص لإيواء الحراس الذين تعاقبوا على حراسة الضريح عبر مختلف العصور ، كما يحتوي على الأدراج التي تؤدي إلى أعلى الضريح أي للمدخل الحقيقي.[156]

إلا أنه من المرجح أن يكون الغرض من هذا المبنى الأمامي هو إقامة الشعائر الدينية و الإحتفالات الجنائزية عليه، السطح العلوي فيه مغطى بطبقة معتبرة من طلاء أحمر، والذي لازال يحتفظ ببريقه ويذكرنا باللون الأحمر الجنائزي المعروف عند بناء الدولمانات و كذا في العمارة الجنائزية عامة.[157]

3-1-2-القسم الداخلي:

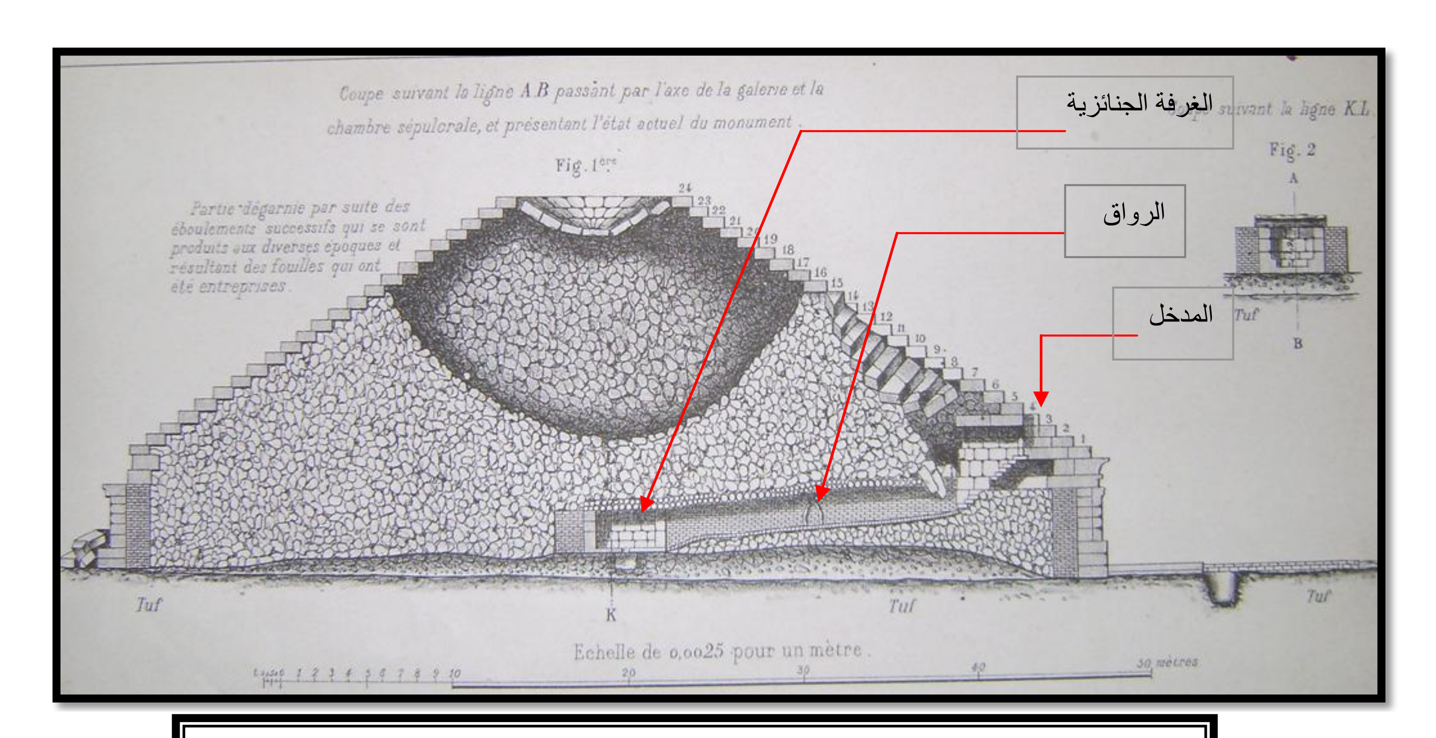
يتكون الجزء الداخلي في ضريح إمدغاسن كما سبق و أن أشرنا من المدخل والذ ي يتواجد على مستوى الهرم المدرج، الرواق، بالإضافة إلى الغرفة الجنائزية و هذه العناصر نجدها موضحة في الشكل رقم (35).

154 Camps (G), " Nouvelle ...", op.cit, p 479

155 Foy, op.cit p 60

156 Idem, p60

157 Camps (G), **Aux origines ....**, op.cit, p 201



الشكل رقم (35) : مقطع طولي لضريح المدغاسن يبين الجزء الداخلي فيه
Recueil de Constantine, volume 16

أ‌- المدخل:

نجده في الجزء المخروطي، بين الدرج الثالث و الرابع [158]، و قد تم اكتشافه سنة 1850م، وهو عبارة عن فتحة صغيرة علوها يقدر بـ 1,60م و عرضها 0,70م، تقع في جهة الشرق، تختفي كلية وراء حجارة الأدراج السابقة الذكر ، كانت مغلقة بواسطة بلاطة تنزلق على طول حزتين عموديا [159]، و لقد عثر على قسم من هذه البلاطة أثناء حفريات 1873م بينما تعرض الباقي للكسر من طرف الناهبين، من دون شك صعب عليهم رفعها فاختاروا أسهل الطرق و هي تهديمها، و من الطبيعي أنه استخدم لفتح الباب أدوات كالقضبان لرفع البلاطة و تثبيتها في مسكنها العلوي، إذ يكتفي لإ غلاق المدخل وحجبه إرجاع أحجار الدرج 3 و 4 إلى أماكنها.[160]

---

[158] Camps (G), **Aux origine...**, op.cit, p 201

[159] Gsell (S), **Monuments ...**, op.cit, p 66

[160] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 82

ب- الرواق:

بعد المدخل مباشرة نجد الصحن أو العتبة عرضها 0,60م و طولها يساوي عرض الرواق و يقدر بـ 1,20م، و من ثم نصل إلى الأدراج و عددها 11 و هي مبنية بالحجارة المصقولة، عرض الدرج الواحد 0,30م أما الارتفاع فهو 0,20م، و قد فقدت الأدراج رقم 7، 8 و 9، أما الدرج العاشر و الحادي عشر و كذا أرضية الرواق فجميعها مغطاة بطلاء أحمر.[161]

جدران الرواق مبنية أيضا بالحجر المصقول بالقرب من المدخل، و بحجارة طبيعية صغيرة في الجزء المتبقي[162]، و من أجل تدعيم الأجزاء المتهدمة فيه لسبب أو لآخر استعملت أعمدة من الخشب ، و من مميزات هذا الرواق أيضا هو انحداره و عدم استقامته، فعلى بعد 15,5م ابتداءا من الدرج الحادي عشر تنحدر أرضية الرواق بـ1/10، و يتواصل هذا الإنحدار إلى أن يصل 1/6 عند الوصول إلى الغرفة الجنائزية، أما فيما يخص فرش الأرضية فهو عبارة عن ردم لشضايا و بقايا حجرية الناتجة عن نحت أحجار الجدار الخارجي ، وتحت هذا الردم نجد التربة و التي لم تترك في حالتها الطبيعية بل غطت بملاط يبلغ سمكه 0,05م و أضيف عليها طبقة من الجص الأحمر سمكها 0,001م.[163]

ت- الغرفة الجنائزية:

تحتل مركز المعلم ، و هي عبارة عن غرفة صغيرة طولها 3,30م و عرضها 1,50م، جدرانها مبنية بالحجارة المصقولة ، كما يمتد على طول جانبي الغرفة مقعدان

161 Brunon, op.cit, p 345

162 Gsell (S), **Histoire ...,** op.cit , p 264

163 Brunon, op.cit, p 345,346

عرضهما لا يتجاوز 0,20م و 0,30م في الطول، أرضية هذه الغرفة و المقعدان تحمل أثار لطلاء أحمر و الذي يمثل اللون الجنائزي.[164]

ندخل هذه الغرفة عن طريق باب علوه 1,70 م، أما عرضه فيقدر بـ 0,90م، وسمكه يساوي 0,60م.[165]

يرى كامبس أن الباب مصنوع من خشب الأرز و ليس من العرعار كما يضنه بعض الباحثين، بحيث تم العثور على بقايا من هذا الباب في الرواق و قد وجدت مطلية باللون الأحمر.[166]

إن تجهيز الضريح بمدخل رئيسي و رواق و غرفة مركزية، يدعوا إلى الاعتقاد أن عمليات الدفن كانت دون شك متتالية، غير أننا لا نستطيع الجزم إن كانت الشعيرة هي الدفن العادي أم الحرق، فقد تعرض إمدغاسن إلى النهب منذ زمن بعيد، وهو ما يفسر الأثاث الحقير الذي اكتشف خلال التنقيبات الأثرية سنة 1873م، ويظهر أن ضيق الغرفة قد يجعلنا نميل إلى فرضية استعمال طقس الحرق، و يعزز هذا الرأي العثور سنة 1873م على طست كبير دائري مملوء بالرماد و الفحم في جثوة لا تبعد عن الضريح إلا بـ100م، كما وجدت أيضا شظايا مرمدات فخارية في الرواق الداخلي للضريح و المبنى الأمامي، إلى جانب هذا لا يمكن في أي حال من الأحوال دفن عدد من الجثث مصحوبة بأثاثها الجنائزي في قاعة ضاقت أكثر بوجود المقعدين الجانبيين.[167]

3-2-التأثيرات الأجنبية على الضريح:

إن هندسة المدغاسن و عمارته تشكل مزيج ا من العناصر الأجنبية : فينيقية، إغريقية، مصرية و التقاليد البربرية القديمة، و يتجلى التأثير الأجنبي على الخصوص في

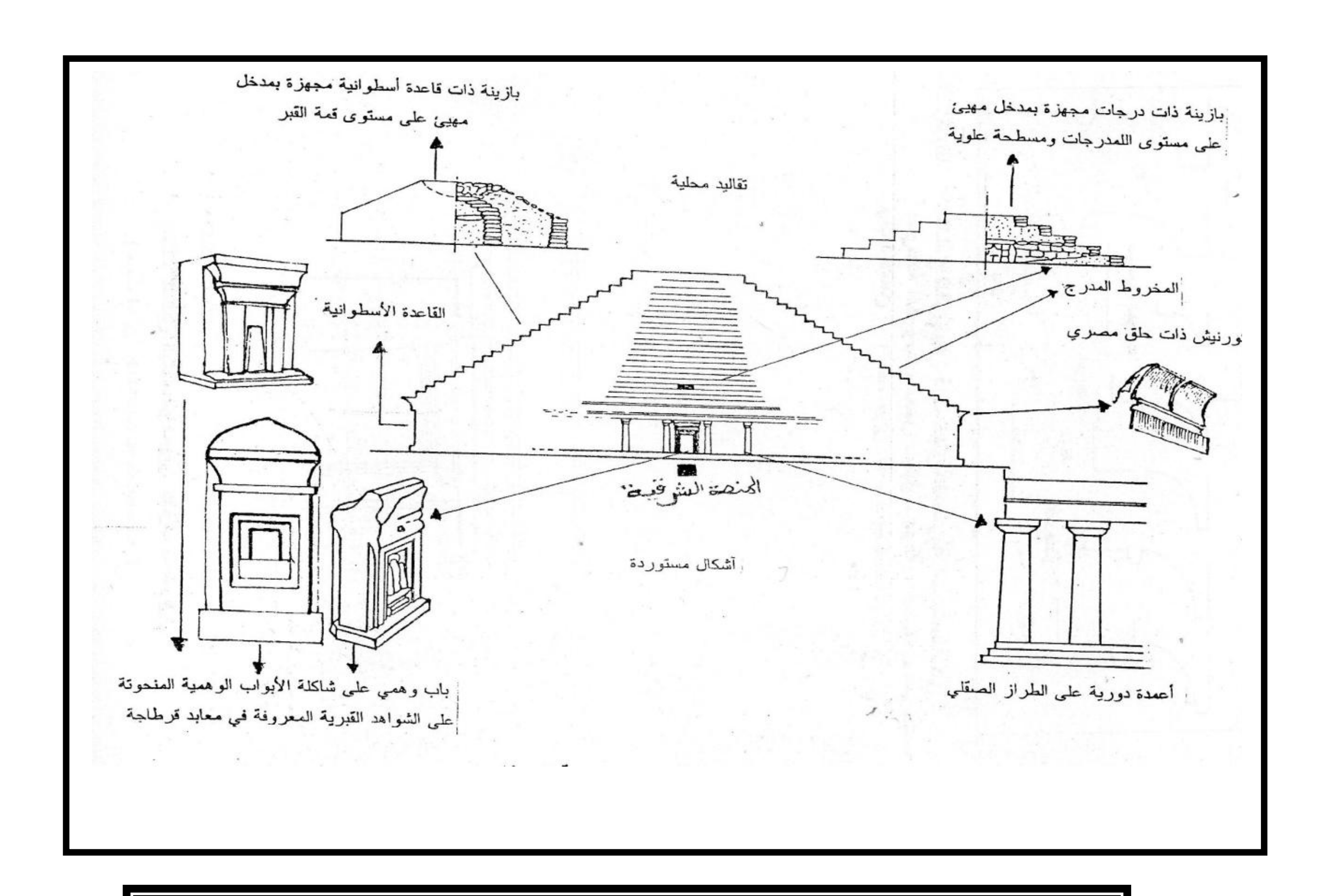
[164] Gsell (S), **Histoire ...**, op.cit , p 264

[165] Brunon, op.cit, p 346

[166] Camps (G), " nouvelle ...", p 502

[167] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 82

الأعمدة و التيجان ذات الطراز الدوري القدي م، الكورنيش ذات العنق المصري و الأبواب الوهمية على الطراز الفينيقي كما يوضحه الشكل رقم (36)، بينما تظهر التأثيرات المحلية من خلال استمرار تشييد البازينات ذات القاعدة الأسطوانية و التاج المخروطي و ذات الدرجات التي تنتشر بكثرة في سفوح جبال الأطلس الصحراوي و السلاسل المتصلة بالهضاب العليا.[168]



شكل رقم (36): الأصول الهندسية للمدغاسن

عن: رابح لحسن، أضرحة الملوك النوميد و المور، ص 336

---

[168] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 90

1 -تاريخ الأبحاث و الترميمات السابقة:

1 1 الدراسات و الأبحاث السابقة:

على عكس ا لضريح الملكي الموريطاني بتيبازا ، الذي ذكر من طرف المؤرخين القدماء أمثال بومبنيوس ميلا ، فلا نجد أي نص قديم له علاقة بالمدغاسن محفوظا، إلا في القرن السادس الميلادي أين تم ذكره من طرف البكري باسم " قبر مادغوس" أحد الأجداد الأسطورية للبربر، الاسم الذي ذكر أيضا في سلالة الأنساب التي قدمها ابن خلدون خلال القرن الرابع عشر.[169]

4-1-1- الدراسات الأولى:(سنوات 1849م و 1850م):

قد كانت الدراسات ا لأولى عبارة عن سرد و وصف للضريح ، و بعدها أجريت الحفريات إبتداءا من 1850م، أما الدراسات الأولى ذات الطابع العلمي فتمثلت في أعمال الكابيتان كولينو سنوات 1849 و 1850م بأمر من الكلونال كربوشيا، و الذي يرجع له الفضل في اكتشاف المدخل الرئيسي للضريح و الذي يوجد على مستوى الدرج الثالث في الهرم المدرج، و ظن أنه وجد الغرفة الجنائزية في حين أنه لم تكن سوى ا لأدراج المؤدية للرواق الداخلي.[170]

4-1-2- الدراسات الثانية (سنة 1854م):

سنوات بعد ذلك و بالضبط في 1854م، قام المهندس المعماري بيكر بوصف الضريح و قام بتصحيح أبعاد عمارته المقدمة من طرف بيسونال و يعد أول من أشار إلى وجود أبواب وهمية، كما أحصى العدد الحقيقي لدرج ات المخروط و التي تقدر بـ 23 درج، كما يذكر بيكر أن الجزء ما بين الأعمدة فيه كتابات منقوشة يكاد الزمن يمحيها، إلا

169 Gabriel camps,"nouvelles …», op.cit, p470, 471

170 Idem , p 475

أنه كان من الممكن دراستها من طرف المختصين لتكشف عن الغموض الذي يحيط بالضريح.[171]

4-1-3- الدراسات الثالثة (سنوات 1855م و 1856م):

في سنوات 1855م و 1856م واصل الرائد فوي الأبحاث التي بدءها كربوشيا، بحيث أعطى وصفا أدق للضريح، خاصة المدخل الحقيقي و طريقة فتحه و غلقه [172]، كما أنه يعتبر أول من اكتشف المبنى الأمامي في الشرق و هو متصل بالضريح، توقفت حفريات فوي عند الدرج السادس ابتداءا من مدخل الضريح ، و هو بدوره مثل كربوشيا إعتقد خطأ أنه اكتشف الحفرة الجنائزية، وراء درجات السلم على غرار أهرامات الجيزة بمصر[173]، بينما في الواقع لم تكن درجات السلم الذي يؤدي إلى الرواق المركزي كاملة، و السبب في اعتقاده هذا هو عثوره على سور حجري يسد الرواق واختفا ء الدرجات الأربعة اللاحقة للسلم، ما أدى إلى تصور لديه بأنه قد وصل إلى الغرفة الجنائزية.[174]

4-1-4- الدراسات الرابعة (سنوات 1866م و 1867م):

خلال سنوات 1866 م و 1867 م واصل القائد بوشوتي الحفريات في ا لرواق، ابتداءا من الدرج السادس ، و تمكن من اكتشاف الدرجات الأربعة الموالية ، و في تلك النقطة أيضا كان هناك كم هائل من الحجارة منعه من مواصلة الحفر، كما أوضح أن السور المزعوم الذي ذكره كربوشيا و بعده فوي لم يكن في الحقيقة إلا أنقاض من الحجارة التي سقطت من داخل المبنى ، مكونة بذلك حاجزا يمنع من الدخول إلى الرواق المؤدي للغرفة الجنائزية.[175]

---

[171] Becker, op.cit , p 109-113

[172] Foy, op.cit, p 58- 69

[173] Brunon, op.cit, p 317

[174] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص72

[175] Brunon, op.cit, p 317, 318

4-1-5- الدراسات الخامسة (سنة 1873م):

لقد أجريت ا لعديد من الحفريات في هذه الفترة ، من طرف الجمعية الأثرية القسنطينية، دامت تقريبا شهرين إبتداءا من 21 أفريل 1873م إلى غاية 18 جوان من نفس السنة، و يمكن القول أن هذه الأعمال هي الحفريات الحقيقية الوحيدة التي أجريت في الضريح و المقبرة المحيطة به، لأن الأعمال السابق ة لم تكن سوى عمليات حفر بسيطة.[176]

خلال هذه الحفريات تم رفع الأنقاض عن الرواق و اكتشاف العديد من الجثوات وكذا آثار سور طويل كان يحيط بالمقبرة ، كما كشف تقرير برونو الذي أدار هذه الحفريات عن حقائق كثيرة، منها اكتشاف المخطط الداخلي للقبر و وصف الرواق والغرفة المركزية، و التعرف على تقنيات البناء ، كما أشار إلى قائمة الأثاث والأدوات الم كتشفة في الضريح و جثوات المقبرة، و على الرغم من بساطة هذه الأدوات وقلتها إلا أن دراستها كان بالإمكان أن تكشف عن بعض الحقائق الهامة ، لكن ل لأسف ضاع هذا الأثاث واختفى أثره.[177]

كما يؤكد برونو على وجود أثار للعديد من الكتابات الليبية المنقوشة على الضريح، بالإضافة إلى رسوم لحيوانات كالأسد و الجمل و الأرانب البرية و غيرها.[178]

و يذكر كامبس أن انهيارا قد حدث سنة 1893م تسبب في ردم المدخل الرئيسي، وبعد هذه الفترة توقفت الحفريات في الضريح كلية بلستثناء بعض الزيارات الميدانية التي قام بها بعض الباحثين عن الكنوز.[179]

---

176 Camps (G)," Nouvelle observation...", op.cit, p 477

177 رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص72

178 Brunon, op.cit, p 32

179 Camps (G)," nouvelle …", op.cit, p 478

4-1-6- الدراسات الأخيرة:

قد ضل المدخل مسدودا إلى غاية 1969م، أين تمكن كل من فيفري و كامبس من الولوج إلى الداخل و بلوغ الرواق و الغرفة الجنائزية ، و تبقى الدراسة التي قام بها كامبس في القبر ما بين 1971م و 1973م حول هذا المبنى من أهم الدراسات ، فقد استطاع وصف الرواق و الغرفة الجنائزية وصفا دقيقا، و صحح بعض الأخطاء التي وقع فيها سابقوه، كما يعتبر أول من أرخ هذا الضريح بالكربون المشع.[180]

هذه تمثل معظم الدراسات و الحفريات التي أقيمت في ضريح إمدغاسن والملاحظ أن أغلبها أجريت في الفترة الإستعمارية.

4 2 الترميمات السابقة:

لقد أجريت العديد من التدخلات على ضريح إمدغاسن في فترات عديدة منها:

4-2-1- ترميمات البعثة الإيطالية سنة 1972م:

في مطلع شهر سبتمبر عام 1972م، عقدت جلسة عمل مع البعثة الإيطا لية المنتدبة لترميم قبر إمدغاسن ، بمقر المديرية العامة للآثار و المتاحف الوطنية بالجزائر تحت رئاسة السيد المدير العام أحمد باغلي و نائبه منير بوشناقي ، و قد تم في هذا الإجتماع وضع الخطوط العريضة للترميم ، أهمها منع كسر أو قطع أحجار البناية التاريخية أثناء عمليات الترميم، كما تم في هذا الإجتماع تعيين هيئة الترميم و التي تتكون من كل من منير بوشناقي و محمد تغليسية كمختصين في الآثار، لافير مهندس مكلف بالبنايات التاريخية ، و البعثة الإيطالية المتمثلة في كل من الرسام باولو دوناتي

[180] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص73.

والمهندسة باولا دوناتي المكل فة بالترميم ، وانطلقت أعمال الترميم بصفة جدية يوم 1972/09/04م.[181]

و لقد جسد المشروع في أربعة حملات و هي:

الحملة الأولى: من 1972/09/04م إلى غاية فيفري 1973م:

إهتمت هيئة الترميم في هذه المرحلة بتقسيم البناية عموديا و أفقيا والأرض المحيطة بها إلى مربعات و أهم ما جسد في هذه الحملة:

- إنزال الأحجار المائلة.
- نقل الأحجار المتساقطة و المتكئة على الجزء الأسطواني.
- قاموا بأول عملية تعزيل و تقوية للنواة الداخلية حسب الطريقة النوميدية، أي بواسطة الحجر و التراب على نفس النمط المتبع لدى بنائه.[182]

كما تم في هذه المرحلة تنظيف القبر من الحشائش و الشجيرات لكي يتمكنوا من عملية القياس، و رؤية الجنادل المشيد بها القبر بوضوح، و تحديد الإتجاهات الرئيسية ثم ترقيم الأحجار التي ابتعدت عن مكانها الأصلي قليلا أو كثيرا.[183]

الحملة الثانية: ابتدأت يوم 6 جوان 1973م واستمرت إلى آخر نوفمبر 1973م:

و قد خصصت هذه الحملة لترميم جذع المخروط و المناطق الرئيسية ال منهارة، بحيث سارت هذه الحملة على ثلاثة مراحل مختلفة متمثلة فيما يلي:

- إنزال الأحجار المائلة عن أماكنها الأصلية.
- تقوية النواة الداخلية للقبر.
- بناء و إعادة الأحجار إلى أماكنها بعد التقوية.

---

[181] تغليسية (محمد)، <u>تقرير حول ترميم قبر مادغوس</u>، صنعاء، 1980م، ص1

[182] تغليسية (محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 16

[183] تغليسرية (محمد)، <u>تقرير حول أعمال و تقويم قبر مادغوس</u>، تيمقاد، 1973م، ص 1

واعتبرت هذه المرحلة خصبة و عملوا فيها الكثير بفضل وجود الرافعة.

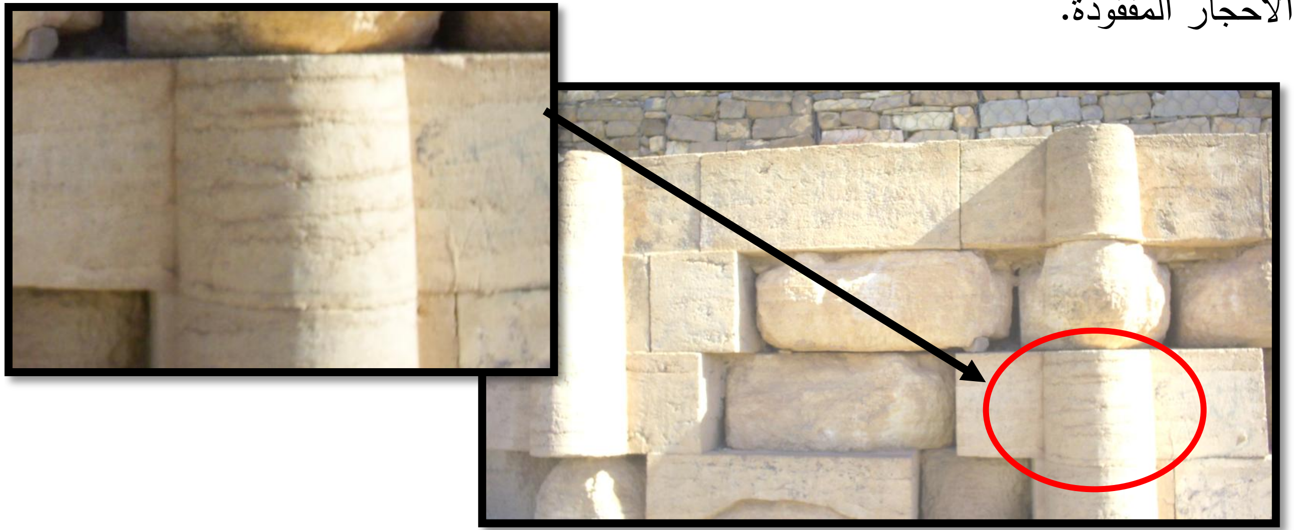
الحملة الثالثة: عام 1974م:

لقد كانت فاشلة لعدم تمكن فريق العمل من الحصول على رافعة آلية قوية تستطيع الوصول إلى المستويات العالية و قمة المدفن، و كانت النتائج قليلة بحيث تمكنوا فقط من بناء بضعة أحجار.[184]

الحملة الرابعة:

كانت حالتها أسوء من الثالثة بحيث وقع تضارب مع البعثة الإيطالية ، فقد تم إحضار الرافعة في أول شهر جوان و مكثت في إمدغا سن مدة 15 يوما ثم عادت إلى سطيف، و لم تحضر البعثة الإيطالية ، و في يوم 9 أوت 1975م وصل الرسام باولو دوناتي إلى المكان و لمدة قصيرة جدا لم يتمكنوا خلالها من القيام بأي عمل يذكر.[185]

و من سلبيات ترميم إمدغاسن أيضا هو استعمال المواد الحدي ثة بطريقة غير انعكاسية، والصورة رقم (16) توضح جزء من الواجهة الجنوبية للضريح تم فيه تعويض الأحجار المفقودة.



صورة (16) : تعويض الأحجار المفقودة بأخرى أنشأت باستعمال الإسمنت.

عن الطالبة (2008م)

[184] تغليسية (محمد)، تقرير 1980م، مرجع سبق ذكره، ص 14- 16

[185] نفسه، ص 17

4-2-2- ترميمات 2006م/2007م:

لقد أشرفت مديرية التعمير و البناء على أشغ ال ترميم المدغاسن في هذه الفترة ، لكن وزارة الثقافة سرعان ما أوقفت هذه الترميمات لعدم مطابقة الدراسة و الأشغال للمعايير المعمول بها في مجال الحفظ و الترميم، و لقد تعرض هذا الضريح في السنوات الأخيرة إلى تدهور كبير رغم تسييجه و اتخاذ إجراءات لحمايته، ساهمت فيه بشكل كبير العوامل الطبيعية لا سيما مياه الأمطار التي أصبحت تتسرب إلى داخله من خلال التشققات التي أحدثت في أعلى الضريح من طرف من منفذي عملية الترميم هذ ه و التي أوقفتها الوزارة الوصية، ما يستدعي تدخلا استعجاليا لإنقاذ هذا المعلم التاريخي.[186]

4-2-3- الترميمات الأخيرة (2015/ 2016م):

قامت وزارة الثقافة بعمليات تقنية و مادية و أخرى إعلامية للعناية به و إبراز مكوناته و مدلولاته الحضارية و التاريخية ، إذ تم إدراجه ضمن البرنامج الوطني الموجه لدعم حماية و تقييم التراث الثقافي في الجزائر الذي تم تمويله بمقدار مالي يصل إلى 24 مليون أورو، منها 21 مليون أورو من الإتحاد الأوروبي و اثنين مليون و خمسمائة ألف أورو على عاتق الجزائر، و تهدف الأشغال التي خضع لها الضريح في هذه الفترة إلى الوصول إلى أسرار بنائه و ما يحتوي عليه من كنوز أثرية و مادية و تاريخية مهمة للغاية، و تعمل الوزارة من خلال هذا المشروع إلى تحويل ا لضريح إلى معلم سياحي وأثري و حمايته من التدهور و التآكل و من كل عوامل الإندثار بعد أن بدأت بعض الحجارة المشكلة له تتساقط.

و تأتي مساعي الوزارة و الأعمال الجدية التي بدأت تجسدها في الميدان منذ 2015م بعد أن تم قبول مقترح الجزائر لتصنيفه ضمن المعالم ا لأثرية العالمية، و هو ما يساعد على تجنيد وسائل البحث الأثري العالمية للوصول إلى مدلولاته التاريخية، و إبراز

[186] الفجر (يومية جزائرية) ، www.al-fajr.com

حقبة مهمة جدا في تاريخ الجزائر ، و لهذا الغرض استقدمت الوزارة تجهيزات تقنية متطورة و عتاد حديث و عصري لاستخدامه في الأبحاث و الإستكشافات و قد أوكل ال عمل إلى المختصين في علم الآثار بالجامعات الوطنية مع الإستعانة بالخبرة الأجنبية عند الضرورة.[187]

الحفريات الأولى التي أجريت في الضريح من طرف المختصين مع طلبة فرع علم الآثار بجامعة باتنة كشفت عن سردابين ت حت الأرض متجهين إلى مركز المعلم ، السرداب الأول بطول 7 أمتار و الثاني 20 متر كما تم تنظيف الضريح و الأرض المحيطة به من مختلف النباتات بالإضافة إلى إعادة بناء بعض الأجزاء المفقودة خاصة في الهرم المدرج.

4 3 تأريخ الضريح:

لقد اهتم العديد من الباحثين بتأريخ ضريح إمدغاسن ، واختلفت الطرق و المناهج المتبعة لذلك ، إلا أن أغلبها كانت قائمة إما على عمارته أو التأريخ ال تقني للمواد المستعملة في البناء.

هناك العديد من المؤشرات تدل على أن إمدغاسن هو أقدم الأضرحة الملكية البربرية، منها بناؤه القديم، بحيث يمكن أن نلمس هذا من خلال رواقه المتواضع المبني بالحجارة الصغيرة و سقفه البدائي المشكل من الخشب، و غرفته الجنائزية التي تذكرنا بتلك الغرف البسيطة التي غالبا ما نجدها في جثوات فجر التاريخ.[188]

[187] الفجر (يومية جزائرية)، www.al-fajr.com

[188] رابح (لحسن)، مرجع سبق ذكره، ص 88

4-3-1- تأريخات ستيفان غزال:

يرى هذا الباحث أن ضريح إمدغاسن عبارة عن جثوة ع ظيمة، مكسوة بزخارف كلاسيكية يحتمل إرجاعها إلى القرن الثالث قبل الميلاد.[189]

كما لاحظ غزال أيضا أن الأعمدة ذات الطراز الدوري في إمدغاسن ، لها أشكال تسند إلى القرن الخامس ق بل الميلاد في البلدان الإغريقية ، لكن و بما أنها تشبه كثيرا الأعمدة المتواجدة في ضريح الخروب المؤرخ بالقرن II ق.م، لذا فضريح إمدغاسن والخروب لا يجب أن يفصل بينهما فارق زمني كبير دون أي إثبات، و لهذه الأسباب فإن ضريح إمدغاسن يعود إلى القرن III ق.م و ليس أبعد من ذلك.[190]

4-3-2- تأريخات قبريال كامبس:

بالنسبة للتأريخات التقنية فقد تمثلت في تأريخات قبريال كامبس، بحيث قام بتأريخ العوارض الخشبية المستعملة في بناء سقف الرواق المؤدي إلى الغرفة الجنائزية ، و هذا باستعمال طريقة تأريخ الخشب بحيث أوحت له بأن إمدغاسن بناء أقدم من القرن IVق.م، و هذا لا يناقض التحليل المعماري.[191]

أثناء زيارة قام بها قبريال كامبس رفقة فيفريي (أ. ب.) سنة 1970م إلى ضريح إمدغاسن، قاموا بأخذ عينات من الدعائم الخشبية ، المستعملة في بناء سقف الرو اق المؤدي إلى الغرفة الجنائزية، و قد تم تأريخ العينة الأولى باستعمال الكربون المشعC14 بمعهد الدراسات النووية بالجزائر ، حيث أعطت تأريخ لإمدغاسن يقدر بـ 220 سنة قبل الميلاد، أما العينة الثانية فقد أخذت من دعامة أخرى و تم تأريخها باستعمال الكربون

---

[189] Gsell (S), **Histoire…**, op.cit , p 231

[190] Idem, p 269, 270

[191] Roblès (J.M), Sintes (C), **Sites et monuments antiques de l’Algérie**, France, 2003, p 190

المشع أيضا من طرف مخابر « Gif–sur–Yvette » حيث أعطت تأريخ يقدر ب320ق.م، و هو أقدم من التاريخ الذي تحصلوا عليه بالجزائر.[192]

أما التأريخ بواسطة طريقة تأريخ الأشجار ، فقد تمت هذه العملية في مخابر الجيوكيمياء بجامعة أرزونا و أعطت التواريخ الآتية : 403 ± 53 ق. م و 286 ± 42ق. م.[193]

يجب الأخذ بعين الإعتبار أيضا أن خشب الأرز المستعمل من طرف مشيدي إمدغاسن تم قطعه من الأشجار بزمن بعيد جدا ، من أجل أن يجف جيدا و بالتالي يستطيع أن يتحمل الضغط الهائل لمواد الحشو فوق الرواق.[194]

و نضرا لكل هذه العوامل يمكن القول أن إمدغاسن قد تم بناؤه على الأرجح في النصف الثاني من القرن IV ق.م أو في بداية القرنIII ق.م.[195]

5 - أصل التسمية:

لعل أول سؤال يتبادر إلى ذهن السامع كما تبادر إلى ذهننا من قبل، عند سماعه لاسم "ضريح إمدغاسن" هو معنى كلمة إمدغاسن، أهو اسم لشخصية تاريخية؟ أم لمنطقة، أم غير ذلك ؟

فمعنى الضريح واضح لدى أغلب الناس و هو يعني القبر أو المكان المخصص للدفن، و قد يحتوي الضريح على جثة إنسان واحد أو ع دة أشخاص من نفس العائلة مثلا، و للتعرف على معنى اسم " إمدغاسن" لا بد من استعراض مختلف التفسيرات

[192] Camps (G), « notes de protohistoire Nord-africaine et saharienne », dans: **Libyca**, Tome XVIII, Alger, 1970, p 237

[193] Camps (G), " nouvelles..", op.cit, p 510

[194] Idem, p 512

[195] Camps (G), " nouvelles..", op.cit, p 512

والتحليلات المقدمة من طرف المؤرخين و علماء الأنساب حول أصل هذه التسمية ومعناها وبالتالي معرفة الشخص أو الأشخاص المدفونين بهذا الضريح.

لسوء الحظ لم يحض ضريح إمدغاسن بالذكر من طرف المؤرخين القدماء الذين اهتموا بالكتابة حول شمال إفريقيا أمثال سترابون، بومبنيوس ميلا، هيرودوت وكزيلاكس، فجميعهم لم يشيروا إلى ضريح المدغاسن في كتاباتهم ، على عكس قبر الرومية الذي نجده مذكورا من طرف العديد منهم.[196]

من بين الأوائل الذين ذكروا اسم قبر إمدغاسن في مؤلفاتهم نجد أبي عبيد البكري، و هو مؤرخ عربي، عاش خلال القرن الحادي عشر للميلاد ، من خلال كتابه "كتاب المسالك والممالك" و هذا عند وصفه للطريق من مدينة القيروان إلى قلعة بني طويل ، بحيث يقول «ومن باغاية إلى مدينة قاساس و هي مدينة قديمة على نهر، و في غربيّها جبل شامخ، ومنها إلى قبر مادغوس و هو قبر مثل الجبل الضخم مبني بآجر رقيق قد خرق وبني طيقانا صغارا و عقد بالرصاص و صورت فيه صور الحيوان من الأناسي وغيرهم، وهو مدرج النواحي و في أعلاه شجرة نابتة ، وقد أجمع على هدمه من سلف فلم يقدروا على ذلك . و في الشرق من هذا القبر بحيرة مادغوس و هي مجمع لكل طائر...»[197]

من جهة أخرى يأتي ابن خلدون و هو عالم أنساب يعود إلى القرن الرابع عشر للميلاد، ويعطي تأويل لهذه الكلمة بالرجوع إلى شجرة أنساب البربر القدماء ، من خلال كتابه " كتاب العبر و ديوان المبتدأ و الخبر" أثناء حديثه عن أخبار البربر و الأمة الثانية من أهل المغرب، بحيث يقول « ... و أما شعوب هذا الجيل (البربر) و بطونهم فإن

---

[196] Brunon, op.cit, p309

[197] البكري (أبي عبيد)، **كتاب المسالك و الممالك**، ج 2، الدار العربية للكتاب، تونس، 1992م، ص 711

علماء النسب متفقون على أنهم يجمعهم جذمان عظيمان و هما برنس و ماذغيس، ويلقب ماذغيس بالأبتر فلذلك يقال لشعوبه البتر و يقال لشعوب برنس البرانس... ».[198]

أما الدراسة الثالثة و ا لتي أعطت لهذا الضريح تسمية أخرى ، و هذا خلال القرن الثامن عشر ميلادي ، فهي من طرف الدكتور شاو أثناء وصفه لرحلته في بلاد البربر، وهنا جزء من نصه أين يقول: «... على بعد خمسة أميال شرق تاغو زينة ، بالقرب من جبل الأوراس من الشمال، يوجد ضريح متميز، يقع بين تلين ، يسمى ضريح مدراسن أو مال غاشم ويعني كنز غاشم، له تقريبا نفس شكل قبر الرومية ولكن هذا القبر أكبر منه...».[199]

حسب برونو هذا النص مليء بالتناقضات ، ما يدل على أن شاو وصف الضريح دون أن يكون قد زاره ، فمن ناحية التسمية التي تطلق على الضريح في بعض الأحيان هي مال غاصب و ليس مال غاشم ، و التسمية تعني المال المغتصب ، و من ناحية أخرى فمن غير المعقول أن يكون ضريح إمدغاسن أكبر من قبر الرومية، بل العكس هو الأصح.[200]

هناك دراسة أخرى قام بها كارت الذي لا حظ الجمع البربري في كلمة مدغاسن ، ففي اللغة الأمازيغية عادة ما يضاف حرف النون للكلمة المفردة حتى نحصل على الجمع، لذلك بإضافة النون لكلمة مادغوس أو مادغيس تصبح مدغاسن ، و هي متعلقة بأنساب البربر، فمقبرة المدغاسن إذا مكرسة لأبناء مادغيس.[201]

---

[198] ابن خلدون (عبد الرحمن) ، **كتاب العبر و ديوان المبتدأ و الخبر في أيام العرب و العجم و البربر و من عاصرهم من ذوي السلطان الأكبر**، المجلد 6، دار الكتاب اللبناني للطباعة و النشر، بيروت، 7968م ، ص 176.

[199] Shaw (T), **Voyage dans la régence d'Alger au XVIII eme siècle**, traduit par: Carthy (E.M), grande Alger livres éditions, Alger, 2007, p 195

[200] Brunon, op cit, p 312

[201] Brunon, op cit, p 312

كما وجدت تحليلات أخرى سلكت طريقا مغايرا ، بحيث ترجع الضريح إلى قائد روماني يسمى "أراديون"، إذ يقول الباحث الذي رمز إلى اسمه بـ A.C أن هذا الاسم كباقي الأسماء الرومانية حرفها المسلمون ، فصار مدغاسن، و هذا لا يفاجئنا مادامت روسيكادا تحولت إلى سكيكدة و هيبو–روجيوس صارت بونا ، كما يمكن أن تكون كلمة مدغاسن اختصارا لكلمة tumulus Aradionis أو monumentus Aradionis، أو لربما كان هذا الاسم اشتقاقا من كلمة المعذر (المنطقة التي يتواجد بها).[202]

وهناك من الباحثين أمثال لكلرك من يرى أن ضريح إمد غاسن خاص بعائلة ماسينيسا، والتي تعود جذورها إلى ماذغيس[203]، كما نسبه البعض إلى سيفاكس.[204]

و أخيرا يأتي قبريال كامبس بفكرة جديدة في محاولة لدراسة أسماء المناطق بحيث يقول:«... على الحدود التي بنيت بها الجدار، و التي تنتمي إلى دوار مدروسا، هذا الاسم هو جمع معرب لكلمة مادغس، و هو نفسه الكلمة البربرية مدغاسن، حيث أن الزناتيين أعطوا نفس الاسم الأسطوري المأخوذ من أنسابهم لهذه المباني الهامة... » فهذا الباحث يرى أن مدغاسن قد حافظت على صيغتها البربرية في جبال الأوراس، أما في المرتفعات الغربية فقد عربت كلية، فالمدغاسن حافظت على صيغة الجمع و أصبحت مدروسا.[205]

و من خلال هذا الاختلاف في الآراء المتعلقة بأصل تسمية إمدغاسن يمكن لنا أن نستخلص أن كلمة إمدغاسن هي في الأصل جمع لكلمة مادغوس أو مادغيس و يتعلق الأمر بإحدى العائلات البربرية.

.

[202] A.C,"le mausolée du roi Aradion", **Annuaire de la société archéologique de la province de Constantine**, Constantine, 1854, 1855, p 181

[203] Brunon, op cit, p 313

[204] Foy, op.cit, p59

[205] Camps (G), " nouvelles observation …", op.cit, p 472, 473

الخلاصة:

يقع ضريح المدغاسن في بلدية بومية بدائرة المعذر ، و قد شيد على تلة منخفضة بالقرب من جبال الأوراس إلا أن كبر حجمه يسمح برؤيته من بعيد، و تنفرد هذه المنطقة بأراضيها السهلية و قلة مرتفعاتها و مناخها المضطرب ، مما جعلها عرضة لبعض التفاعلات الطبيعية كالتعرية، التساقط و تقلب درجة الحرارة ، ما أثر على حالة حفظ ضريح المدغاسن.

يتشكل الضريح من قسمين أساسيين: القسم الخارجي الذي يتكون من قاعدة هدفها المحافظة على استوائية وتوازن الأرضية الطبيعية ، و هي تحمل الأساس الأسطواني الذي زين بـ60 عمود من الطراز الدوري بالإضافة إلى ثلاثة أبواب وهمية تقسم الضريح إلى ثلاثة أجزاء متساوية ، و فوق هذا الجزء نجد جذع المخروط الذي يتكون من 23 أو 24 درج و ينتهي الضريح في الأعلى بقمة مسطحة دائرية قد تكون قاعدة لعناصر معمارية أو منحوتات، أو لربما كانت تقام عليها بعض الشعائر الدينية، أما القسم الداخلي فيتكون من المدخل الذي يفتح على مستوى الدرج الثالث لنصل بعده إلى الأدراج التي تؤدي إلى الرواق و منه إلى الغرفة الجنائزية.

لقد اهتم العديد من الباحثين بتأريخ ضريح إمدغاسن ، واختلفت الطرق و المناهج المتبعة لذلك، إلا أن أغلبهم يرجعونه إلى نهاية القرن الرابع و بداية القرن الثالث قبل الميلاد.

الخاتمة:

لقد عرفت المماليك النوميدية و المورية تطورات هامة في مجال البناء الجنائزي بحيث يظهر من خلال الأضرحة الثلاثة المدروسة وجود عمارة محلية عند البربر القدامى متأثرة بالفنون الهندسية السائدة عند الشعوب المعاصرة لهم : كالإغريق، الفينيقيين والمصريين.

و يمكن أن نلخص هذه التأثيرات الأجنبية على الأضرحة الثلاثة المدروسة في ما يلي:

- زخرف الأبواب الوهمية في الضريح الملكي الموريطاني ل ها شكل زخرف نصب فينيقي وجد بدلس.
- تيجان الأعمدة في الضريح الملكي الموريطاني نسخة عن تاج العمود الأيوني الإغريقي.
- الأعمدة و التيجان الدورية المستعملة في ضريح الخروب كانت سائدة في العالم المتوسطي في القرون الثلاثة الأخيرة قبل الميلاد لاسيما في صقلية.
- الكورنيش ذو العنق المصري المستعمل في ضريح الخروب قد شاع استعماله عند القرطاجيين.
- يتجلى التأثير الأجنبي على الخصوص في ضريح إمدغاسن في الأعمدة والتيجان ذات الطراز الدوري القديم ، الكورنيش ذو العنق المصري و الأبواب الوهمية على الطراز الفينيقي.

فهرس أشكال الباب الأول:

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
01	خريطة تبين الموقع الجغرافي لولاية تيبازا	28
02	خريطة تبين الموقع الجغرافي للضريح الملكي الموريطاني	32
03	خريطة طبوغرافية لمنطقة بوفاريك تبين موقع الضريح الملكي الموريطاني	33
04	خريطة جيولوجية لولاية تيبازا موضحين عليها أهم مقالع الحجارة الجيرية المتواجدة بالقرب من الضريح الملكي الموريطاني	36
05	منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية تيبازا	38
06	منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة بولاية تيبازا	42
07	أعمدة بيانية تمثل نسبة التساقط خلال أشهر السنة بولاية تيبازا	47
08	إعادة تشكيل الضريح الملكي الموريطاني	50
09	العمود الأيوني في قبر الرومية	52
10	تيجان الأعمدة التي تؤطر الأبواب الوهمية في قبر الرومية	52
11	باب وهمي تؤطره أعمدة و تيجان على الطراز الأيوني في قبر الرومية	53
12	مخطط القسم الداخلي للضريح الملكي الموريطاني	56
13	خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية قسنطينة	75

14	خريطة طبوغرافية لولاية قسنطينة تبين موقع ضريح الخروب	85
15	خريطة تبين موقع ضريح الخروب	86
16	خريطة جيولوجية لولاية قسنطينة	88
17	منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة	90
18	منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة	94
19	أعمدة بيانية لتغيرات كمية التساقط خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة	98
20	إعادة تشكيل ضريح الخروب	102
21	نماذج للكورنيش ذات العنق المصري المستعملة في بعض الأضريحة	104
22	خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية باتنة	114
23	خريطة تبين موقع ضريح إمدغاسن	117
24	خريطة طبوغرافية لولاية باتنة مبين عليها موقع ضريح إمدغاسن	119
25	خريطة جيولوجية لولاية باتنة	121
26	خريطة جيولوجية لولاية باتنة موضحين عليها أهم مقالع الحجارة الجيرية المتواجدة بالقرب من ضريح إمدغاسن	123
27	منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية باتنة	126
28	منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة بولاية	130

	باتنة	
29	أعمدة بيانية لتغيرات كمية التساقط خلال أشهر السنة في ولاية باتنة	134
30	مخطط يمثل القسم الخارجي لإمدغاسن	137
31	مخطط القسم الداخلي لإمدغاسن	137
32	إعادة تصور الشكل الأصلي لضريح المدغاسن	138
33	مخطط عمود دوري	140
34	تساقط حجارة الكرنيش في ضريح إمدغاسن	141
35	مقطع طولي لضريح المدغاسن يبين الجزء الداخلي فيه	144
36	الأصول الهندسية للمدغاسن	147

فهرس صور الباب الأول

رقم الصورة	الموضوع	الصفحة
01	الأنواع الأربعة من مخالب التثبيت المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني	54
02	أماكن وضع المشابك لشد الحجارة مع بعضها	54
03	المبنى الأمامي في الضريح الملكي الموريطاني	55
04	المدخل الحقيقي في الضريح الملكي الموريطاني	57
05	بهو الأسود بقبر الرومية	58
06	نقش يمثل أسد و لبؤة في بهو الأسود بقبر الرومية	58
07	جزء من الرواق المستدير في قبر الرومية	59
08	علامات معامل الحجارة بالواجهة الشماية للضريح الملكي الموريطاني	66
09	النقش البارز على الأبواب الوهمية في الضريح الملكي الموريطاني	70
10	ضريح الخروب	100
11	أقسام الطابق السفلي لضريح الخروب	101
12	القسم العلوي لضريح الخروب	101
13	عمود دوري لإمدغاسن	140
14	كورنيش إمدغاسن	140
15	نقوش الألعاب في إمدغاسن	142
16	تعويض الحجارة المفقودة بأخرى أنشأت باستعمال الإسمنت	153

قائمة المصادر و المراجع للباب الأول:

1- قائمة المصادر و المراجع باللغة العربية:

1. ابن خلدون (عبد الرحمن)، **كتاب العبر و ديوان المبتدأ و الخبر في أيام العرب و العجم و البربر و من عاصرهم من ذوي السلطان الأكبر**، المجلد 6، دار الكتاب اللبناني للطباعة و النشر، بيروت، 7968م.
2. البكري (أبي عبيد)، **كتاب المسالك و الممالك**، ج 2، الدار العربية للكتاب ، تونس، 1992م.
3. تغليسية (محمد)، تقرير حول أعمال و تقويم قبر مادغوس، تيمقاد، 1973م
4. تغليسية (محمد)، **تقرير حول ترميم قبر مادغوس**، الجزائر، 1980م
5. حفيظة (لعياظي)، <<نظرة في التطور الحضاري لنوميديا الشرقية>>، **الأوراس عبر التاريخ**، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2014م، ص 95-116
6. رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق .م إلى غاية عشية الفتح الإسلامي في القرن السابع م**، دار هومة، الجزائر، 2002م.
7. عبد الحميد (بن شنهو)، **الملك العالم يويا الثاني و زوجته كليوباطرة سليني**، الطباعة الشعبية للجيش، الجزائر،1981م.
8. محمد الشريف (حسين)،<<مواقع فجر التاريخ بالأوراس منطقة واد الطاقة نموذجا>>، **الأوراس عبر التاريخ**، منشورات المتحف العمومي بخنشلة ، 2014م، ص293-300
9. محمد الصغير (غانم)، **معالم التواجد الفينيقي البوني في الجزائر**، دار الهدى، الجزائر، 2003م.

10 - محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة والتطور**، دار الهدى، الجزائر، 2008م.

11 - محمد الصالح (بن العنتري)، **تاريخ قسنطينة**، مراجعة و تقديم يحيى بوعزيز، دار هومة للطباعة، الجزائر، 2007م.

12 - محمد الهادي (العروق)، **أطلس الجزائر و العالم**، دار الهدى، الجزائر، دون تاريخ.

13 - محمد الهادي (العروق)، **مدينة قسنطينة (دراسة في جغرافية العمران)**، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1984م.

14 - منير (بوشناقي)، **الضريح الملكي الموريطاني**، تعريب عبد الحميد (حاجيات)، الجزائر، 1979م.

15 - يوسف (قاسمي)، << سؤال الثورة في الولاية الأولى – أوراس النمامشة ورد الفعل الإستعماري >>، **الأوراس عبر التاريخ**، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2013م، ص 231-278

3 - قائمة المصادر و المراجع باللغة الأجنبية:

1- A.C,"le mausolée du roi Aradion", **Annuaire de la société archéologique de la province de Constantine**, Constantine, 1854 ,1855

2- Becker (F), "Essai sur le Madr'asen", **Annuaire de la société Archéologique dela province de Constantine**, tome II, Abadie libraire, Constantine, 1854-1855

3- Bennacer (F), Harichane (N), **Etude pour la réalisation d'un circuit touristique au mausolée royal de Mauritanie**, B.E.A.U. Hariche Nora, Chlef, sans date.

4- Brunon, « mémoire sur les fouilles exécutées au Madras'en mausolée des rois numide », dans: **Recueil des notices et**

mémoire de la société archéologique de la province de Constantine, volume 16, Alger, 1874

5- Camps (G), **aux origines de la béribérie monuments et rites funéraires protohistoriques**, Paris.

6- Camps (G), « note de protohistoire nord-africaine et saharienne »; dans : **Libyca**, tome XVIII, Alger, 1970.

7- Camps (G), " nouvelles observation sur l'architecture et l'âge du Medracen mausolée royal de Numidie", dans : **compte rendus de l'académie des inscription**, sans lieu, 1973

8- Christofle (M), **le tombeau da la chrétienne,** Paris, 1951.

9- Donati (P), **Rapport sur le Medracen**, sans lieu, 1972

10- Foy, " le Madrazen», dans: **Recueil de Constantine**, tome III, Bastide libraire éditeur, Alger, 1856-1857

11- Jean-Marie Blas De Roblès, Claude Sintes, **Sites et monuments antiques de l'Algérie**, France, 2003.

12- Gsell (S), **Histoire ancienne de l'Afrique du nord, tome VI,** 1972.

13- Gsell (S), **Les monuments antiques de l'Algérie**, tome I, Paris, 1901.

14- Gsell (S), **promenades archéologique aux environs d'Alger, Cherchell, Tipasa, le Tombeau de la chrétienne** , Alger, 1896.

15- Lancel (S), Boucheneki (M), **Tipaza Maurétanie**, Alger, 1990.

16- ONM, **Résumé annuel du temps en Algérie,** Alger, 1994

17- ONM, **Résumé annuel du temps en Algérie,** Alger, 2004

18- ORGM, **Carte des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Tipaza** , éditions du service géologique de l'Algérie , Boumerdes, 1999 .

19- ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Constantine** , éditions du service géologique de l'Algérie, Boumerdès, 1999

20- ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie " Wilaya de Batna",** éditions du service géologique de l’Algérie, Boumerdès, 1998

21- Pamart (H), « étude sur le MADRACEN (tombeau de Syphax) et le KEBEUR ROUMIA (tombeau de la chrétienne), dans : **revue Africaine**, n° 61, Alger, 1920.

22- Shaw (T), **Voyage dans la régence d’Alger au XVIII e siècle**, traduit par: Carthy (E.M), grande Alger livres éditions, Alger, 2007.

الباب الثاني :

مواد و تقنيات البناء

الباب الثاني: مواد و تقنيات البناء

مقدمة

الفصل الأول: مواد البناء: الصخور و أنواعها

تمهيد

1- تعريف الصخور

2- أنواع الصخور

2-1- الصخور النارية

2-1-1- المنشأ

2-1-2- أنواعها

2-1-3- النسيج

2-1-4- أهم معادن الصخور النارية

2-1-5- مميزات الصخور النارية

2-2- الصخور الرسوبية

2-2-1- المنشأ

2-2-2- أنواعها

2-2-3- النسيج

2-2-4- أهم معادن الصخور الرسوبية

2-2-5- مميزات الصخور الرسوبية

2-2-6- الحجر جيري

2-3- الصخور المتحولة

2-3-1- المنشأ

2-3-2- أسباب التحول

2-3-3- أنواع التحول

2-3-4- تقسيم الصخور المتحولة

2-3-5- أنسجة الصخور المتحولة

2-3-6- أهم معادن الصخور المتحولة

الخلاصة

الفصل الثاني: خواص و استعمالات الصخور

تمهيد

1- خصائص الصخور

1-1- الخواص الطبيعية

1-1-1- الكتلة الحجمية

1-1-2- الكثافة

1-1-3- المسامية

1-1-4- الإمتصاص

1-1-5- النفاذية أو الخاصية الشعرية

1-1-6- التركيب الطبقي للصخور

1-1-7- المواد الرابطة

1-2- - الخواص الميكانيكية

1-2-1- قوة التحمل الميكانيكي

1-2-2- الصلادة

1-3- - الخواص الحرارية

1-3-1- التوصيل الحراري

1-3-2- التمدد الحراري

1-3-3- مقاومة الحريق

2- الأجهزة العلمية المستخدمة في التحليل و الفحص

2-1- استخدام الأشعة السينية في التحليل

2-2- استخدام المجهر في الفحوص

3- استعمالات الصخور

3-1- العمارة

3-2- النحت

3-3- الصناعة

الخلاصة

الفصل الثالث: تقنيات البناء

تمهيد

1- التطور التكنولوجي في أدوات و أساليب استخراج الصخور خلال العصور التاريخية

1-1- الأساليب التي تعتمد على نوعية الأحجار الصلدة

1-2- الأساليب التي تعتمد على الأدوات النحاسية

1-3- الأساليب التي تعتمد على الأدوات البرونزية

1-4- الأساليب التي تعتمد على الأدوات الحديدية

2- أساليب قطع واستخراج الأحجار

2-1- طرق إستخراج الأحجار اللينة

2-2- طرق إستخراج الأحجار الصلدة

3- تشكيل الحجر و نحته للبناء

4- نقل الأحجار من المحار إلى أماكن البناء

5- تقنيات البناء

5-1- ترتيب الحجارة الكبيرة

5-2- ترتيب الحجارة الكبيرة و الصغيرة معا

5-3- ترتيب الحجارة الصغيرة

6- تقنيات البناء المستعملة في الأضرحة المدروسة

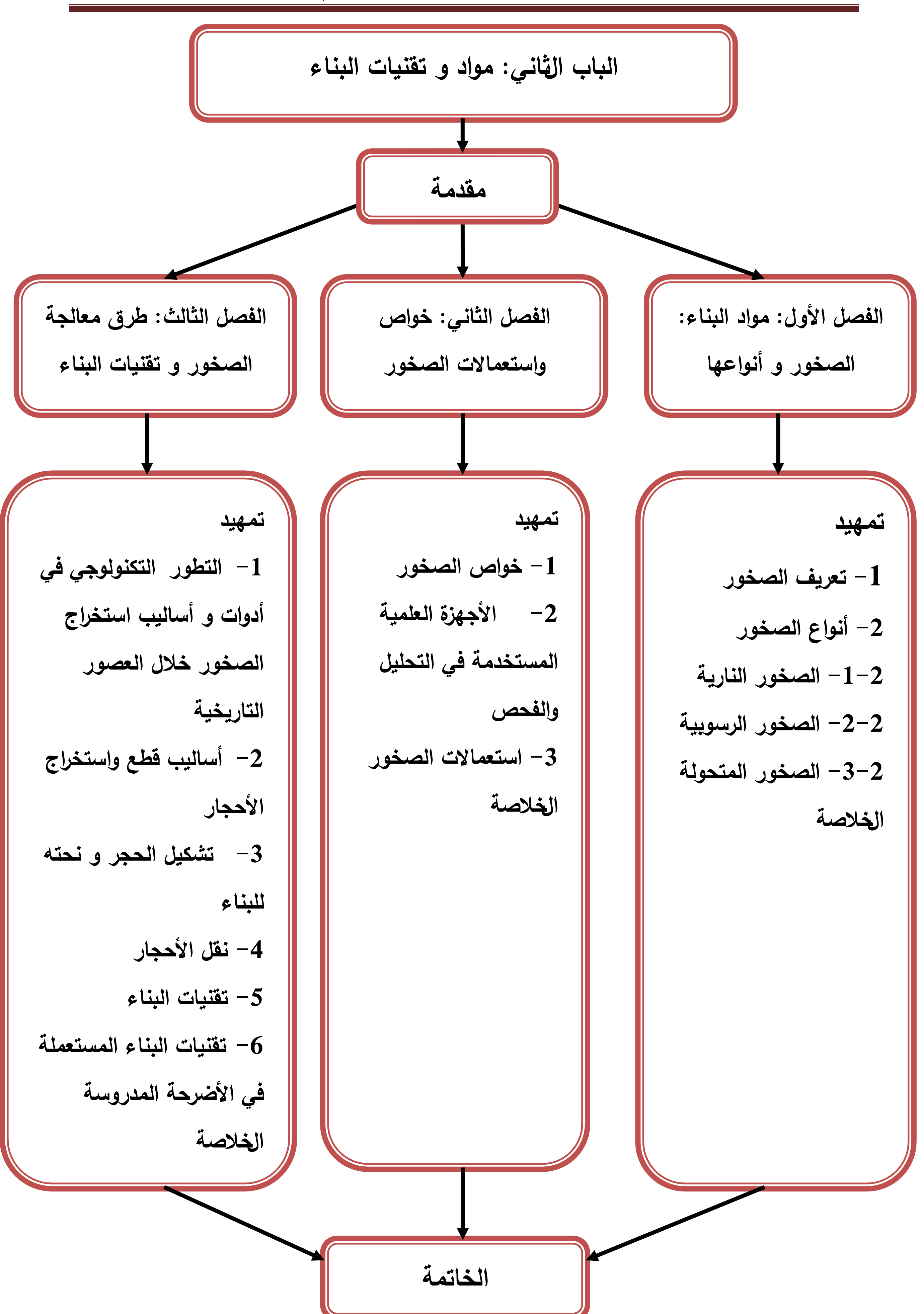
6-1- تقنية بناء الضريح الملكي الموريطاني

6-2- تقنية بناء ضريح الخروب

6-3- تقنية بناء ضريح المدغاسن

الخلاصة

الخاتمة


الباب الثاني: مواد و تقنيات البناء
مقدمة
الفصل الأول: مواد البناء: الصخور و أنواعها
الفصل الثاني: خواص واستعمالات الصخور
الفصل الثالث: طرق معالجة الصخور و تقنيات البناء
تمهيد
1- تعريف الصخور
2- أنواع الصخور
2-1- الصخور النارية
2-2- الصخور الرسوبية
2-3- الصخور المتحولة
الخلاصة
تمهيد
1- خواص الصخور
2- الأجهزة العلمية المستخدمة في التحليل والفحص
3- استعمالات الصخور
الخلاصة
تمهيد
1- التطور التكنولوجي في أدوات و أساليب استخراج الصخور خلال العصور التاريخية
2- أساليب قطع واستخراج الأحجار
3- تشكيل الحجر و نحته للبناء
4- نقل الأحجار
5- تقنيات البناء
6- تقنيات البناء المستعملة في الأضرحة المدروسة
الخلاصة
الخاتمة

مقدمة:

تعتبر الأحجار من أكثر المواد انتشارا على سطح الكرة الأرضية حيث تكون الغلاف الذي يحيط بالأرض أو ما يسمى بالغلاف الصخري، لذلك عند تتبعنا لمسيرة الإنسان منذ فترة ما قبل التاريخ نجد أن أول مادة استعملها لسد حاجياته هي الحجارة التي استغلها على نطاق واسع لدرجة تسمية المرحلة الأولى من تاريخ الإنسان بالعصور الحجرية و التي استمرت آلاف السنين، حيث صنع منها العديد من الأدوات و الأسلحة واستمر استخدام هذه الحجارة خلال العصور التاريخية في مختلف الفنون و العمارة.

لا بد من أن ل لخصائص الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية التي تتميز بها الصخور دورا في هذا الا نتشار الواسع في استخدامها ، بالإضافة إلى تنوعها و كذا مقاومتها لعوامل التلف المختلفة كالتعرية، و الدليل على ذلك الآثار الحجرية التي تكتشف كل يوم و التي ترجع إلى حقب تاريخية بعيدة جدا : فهذه صناعات حجرية يعثر عليها في طبقات الأرض عند التنقيب تعود إلى العصور الحجرية، و هذه معالم جنائزية تكتشف تعود إلى فجر التاريخ، و تلك أضرحة و مدن ترجع للفترة القديمة ...إلخ، و لا تزال الإكتشافات تتواصل لتكشف عن مدى اهتمام الإنسان بهذه المادة عبر العصور.

و بهذا يمكن طرح الإشكاليات التالية :

-ما هي الصخور؟ و ما أنواعها؟

-ما هي خصائص الصخور؟

-ما هي مجالات استعمالها؟

-كيف تستخرج من المحاجر؟

و غيرها من الأسئلة التي حاولنا الإجابة عليها في هذا الباب، و لهذا قسمناه إلى ثلاثة فصول، مقدمة و خاتمة.

في المقدمة عرفنا الموضوع

الفصل الأول: مواد البناء، الحجارة و أنواعها

الفصل الثاني: خصائص الصخور واستعمالاتها

الفصل الثالث: طرق معالجة الصخور و تقنيات البناء.

الخاتمة: حوصلة للنتائج التي توصلنا إليها خلال هذا الباب

الفصل الأول :

مواد البناء : الحجر و أنواعها

الفصل الأول: مواد البناء: الصخور و أنواعها

تمهيد

1- تعريف الصخور

2- أنواع الصخور

2-1-الصخور النارية

2-2-الصخور الرسوبية

2-3-الصخور المتحولة

الخلاصة

تمهيد:

لقد ارتبط استعمال مواد البناء المختلفة في الفترة القديمة بالطبيعة المناخية والموقع الجغرافي و التكوينات الجيولوجية في كل منطقة، و لهذا نجد أنه لمواد البناء المتوفرة في بيئة ما أثر واضح في الأشكال المعمارية التي سادت في تلك البيئة، و لقد تعددت المواد المستعملة في البناء قديما كالطوب الذي استخدم خاصة في مصر لتوفر المادة الأولية على ضفاف نهر النيل، و كذا صحراء الجزائر لما تتميز به هذه المادة من خصائص كعزل الحرارة و البرودة نظرا لخصوصية المنطقة مناخيا، أما الحجر فقد استغل في مناطق عديدة من العالم و قد بنيت به العديد من المعالم الجنائزية كالدولمانات والأضرحة التي هي محل دراستنا هذه.

و الحجر مادة طبيعية توجد عادة في صورة كتل ضخمة تتكون بصفة أساسية من معدن واحد مع نسب صغيرة و متفاوتة من معادن أخرى، و تختلف الصخور المكونة للقشرة الأرضية اختلافا كبيرا حسب ظروف نشأتها و لكنها بصفة عامة يمكن تقسمها إلى ثلاثة أنواع هي: الصخور النارية، الصخور الرسوبية والصخور المتحولة.

1- تعريف الصخور:

الصخور هي مكونات القشرة الأرضية أو ذلك الغلاف اليابس الذي يحيط بالأرض، و قد جرت العادة أن يطلق لفظ صخر على كل مادة صل بة تدخل في تكوين القشرة الأرضية، أي أن الصلابة شرط أساسي في الصخر ، و بناء على هذا التعريف فقد استبعدت المواد الرخوة مثل الرمال و الطين من مجموعات الصخور [206]، أما التعريف الجيولوجي للصخر فهو جميع المواد المكو نة في الطبيعة من معدنين أو أكثر ، و ذلك بنسب متفاوتة و لكل صخر تركيب معدني و بالتالي كيميائي خاص، حيث تعد العناصر الكيميائية أساس كل المواد العضوية و غير العضوية[207]، و قد يكون الصخر مكونا من معدن واحد كالجبس و الحجر الجيري و لكن وجوده بكميات كبيرة بحيث يشكل طبقات مترامية الأطراف أو جبال كبيرة يجعله أقرب للصخور منه للمعادن حيث لا يتوافر له في هذه الحالة صفة التناسق في جميع أجزائه وهي أهم صفات المعادن.[208]

و يستثنى من شرط تكون الصخر من معادن كل من الأوبسيديا ن و هو صخر بركاني يتكون من زجاج ، و الفحم الصخري الرسوبي الذي يتكون من خليط من مركبات عضوية، و لا تطلق مسميات صخرية على التجمعات المعدنية غير الشائعة و المعروفة بالرواسب المعدنية كتجمع الكوارتز و البيريت و الذهب ، و على الرغم من أن المفهوم الشائع لكلمة صخر يعني مادة ملتحمة و متماسكة، إلا أن الرماد البركاني المفكك يعتبر أيضا صخرا.[209]

---

[206] فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، **كوكب الأرض معالم سطحه و أغلفته الكبرى دراسة في أسس الجغرافية الطبيعية** ، دار المعرفة الجامعية للطبع و النشر و التوزيع، الإسكندرية،2013م، ص 160

[207] محمد صبري (محسوب)، **مبادئ الجغرافية الطبيعية**، القاهرة، دون تاريخ، ص45

[208] فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، **كوكب الأرض معالم سطحه و أغلفته الكبرى دراسة في أسس الجغرافية الطبيعية** ، مرجع سبق ذكره، ص 160

[209] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، دون تاريخ، ص 217

و تشكل الصخور مادة البناء الرئيسية و الأساسية التي استخد مها الإنسان عبر العصور المختلفة، و يمكن القول بأن كل أنواع الصخور عبارة عن أحجار إذا ما تم اقتطاعها من المحاجر بأحجام منتظمة لاستخدامها في شتى أغراض البناء المختلفة، والحقيقة فإنه لا توجد كتلتان من الحجر متشابهتان تمام التشابه حتى و لو اقتطعتا من محجر واحد و كانتا إلى جوار بعضهما في هذا المحجر، فهناك بلا شك اختلاف في التكوين المعدني و كذا الخصائص الفيزيائية و الكيميائية.[210]

2-أنواع الصخور:

لتسهيل دراسة الصخور يجب أن نقسمها إلى عدة أنواع على أسس علمية، وقد اتفق الجيولوجيون على أنه يمكن حصر جميع أنواع الصخور و تقسيمها حسب طرق وأماكن تكوينها في الطبيعة إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- الصخور النارية
- الصخور الرسوبية
- الصخور المتحولة[211]

2-1 الصخور النارية:

يتكون باطن الأرض من مواد منصهرة و في أثناء الحركات الأرضية أو من خلال مناطق الضعف و الشروخ أو عند حدوث البراكين تندفع هذه المواد المنصهرة التي يطلق عليها اسم الماجما إلى الطبقات السطحية من القشرة الأرضية ، و عندما تتجمد يتكون منها ما يعرف بالصخور النارية.[212]

---

[210] محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، دون تاريخ، ص 72

[211] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 74

[212] عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية**، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، دون تاريخ، ص42

و هذا الصهير عبارة عن مواد معدنية منصهرة تتكون أس اسا من السليكات والغازات، أهم مكوناته الكيميائية هي: SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, K_2O و Na_2O و هي التي تحدد نوعية الصخور التي ستشكلها، بالإضافة إلى عناصر ثانوية مثل: TiO_2, P_2O_3, ZnO, Cr_2O_3, BaO و غيرها، كما نجد الغازات بنسب مختلفة مثل: H_2O_3, CO_2, NH_3, Cl, S, F, SO_2 و غازات أخرى.[213]

2 1 1 المنشأ:

يطلق الجيولوجيون على الصخور النارية مصطلح الصخور الأولية لأنها تكونت من الصهير السيليكاتي الأول الحار ، الذي يسمى بالماغما و عندما تبرد هذه الماغما ببطء داخل القشرة الأرضية فإن تبلور المعادن الموجودة في هذه الماغما ي تم بصورة بطيئة و في مثل هذه الظروف تتكون بلورات معدنية خشنة، و من أمثلة الصخور النارية التي تكونت في مثل هذه الظروف الجراني ت و الديوريت و السنيت و الجابرو ، أما إذا تعرضت الماغما لعوامل جعلتها تبرد بسرعة عند سطح القشرة الأرضية أو فوق هذا السطح فإن المعادن التي تتكون منها الماغما تتبلور على هيئة بلورات دقيقة، و من أمثلة الصخور النارية التي تكونت في مثل هذه الظروف نجد البازلت و الفلسيت.[214]

و تتكون الما غما المنصهرة من ثمانية عناصر هي : الأكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم و الماغنيزيوم، بالإضافة إلى نسب صغيرة متفاوتة من باقي العناصر ، و يؤدي تبلور المعادن من الماغما إلى تركيز العناصر النادرة و العناصر الموجودة بنسب صغيرة و بعض المواد المتطايرة في الجزء الذي يظل منصهرا أو سائلا من الماغما، و لذلك فإنه ينتج من الماغما بجانب الصخور

[213] Lazzarini (L), " Genèse et classification des roches " dans: **la dégradation et la conservation de la pierre**, texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre, publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985, p 10

[214] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 76

النارية العروق المعدنية التي تتكون في الشروخ الموجودة بالقشرة الأرضية و الينابيع الساخنة.[215]

2 1 2 أنواعها:

تختلف أنواع الصخور النارية تبعا لكميات السيليكا في الصخر أو تبعا لدرجة التشبع بها ، و كذلك تختلف من حيث أنواع المعادن المكونة لها و من حيث اللون الذي يرتبط أساسا بالمعادن التي يتكون منها الصخر.

من بين أنواع التقسيمات المختلفة للصخور النارية ، نجد التقسيم على أساس التركيبة الكيميائية ، فعند تحديد التركيبة الكيميائية لصخر معين ، من الضروري البدء بمعرفة الكمية الإجمالية للسليس (Silice) الحر و المرتبط والذي تتراوح نسبته عادة ما بين 35 و80%[216]، و على أساس هذه النسبة يمكن تقسيم الصخور النارية إلى أربع مجموعات هي:

أ - صخور نارية حمضية:

تتراوح نسبة أكسيد السيلكون فيها ما بين 65 و 75%[217]، في حين تكون نسبة الحديد والمغنسيوم صغيرة لذا يكون لون هذه الصخور فاتح ، و تحتوي على معادن الأوروثوكليز والميكروكلين و البلاجيوكليز و الكوارتز بكثرة ، و من أم ثلة هذه الصخور نجد: الجرانيت والريولايت.[218]

[215] عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية** ، مرجع سبق ذكره ، ص 42

[216] Lazzarini (L), op.cit, p 14

[217] محمد صبري (محسوب)، **مبادئ الجغرافيا الطبيعية**، مصر ، دون تاريخ، ص 49

[218] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، دار المعرفة الجامعية، مصر، 2014م، ص 14

ب –صخور نارية وسطية:

تتراوح نسبة أكسيد السيلكون ما بين 52 و 65%، لذا تبدو من حيث اللون أغمق من الصخور الحامضية ، حيث تكون نسبة الحديد و المغنسيوم متوسطة ، و من أمثلتها الديوريت.[219]

ت –صخور نارية قلوية (قاعدية):

تتراوح نسبة أكسيد السيلكون ما بين 45 و 52% و نسب الحديد و المغنسيوم أعلى من النسب السابقة و لونها داكن يميل إلى السواد و من أمثلتها الجابرو و البازلت.[220]

ث –صخور نارية فوق قلوية:

تكون نسبة أكسيد السيلكون بها أقل من 45%.[221]

و يستخدم التركيب المعدني للتمييز بين أقسام الصخور النارية لأنه أقل تعقيدا من التركيب الكيميائي و لقلة عدد المعادن التي تدخل في تركيب الصخر الواحد ، و إذا كان الصخر الناري يتكون من عدة معادن فإن عددا قليلا منها يعد أساسيا في التركيب والمعادن الأخرى تكون ثانوية نظرا لصغر كميتها.[222]

كما يمكن تقسيم الصخور النارية تبعا لمكان تكوينها إلى ثلاثة أنواع هي:

أ –الصخور الجوفية:

هي صخور تصلبت على أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية في جوف الأرض تحت ظروف من الضغط و الحرارة جعلت التبريد بطيئا و بذلك تكونت صخور كاملة

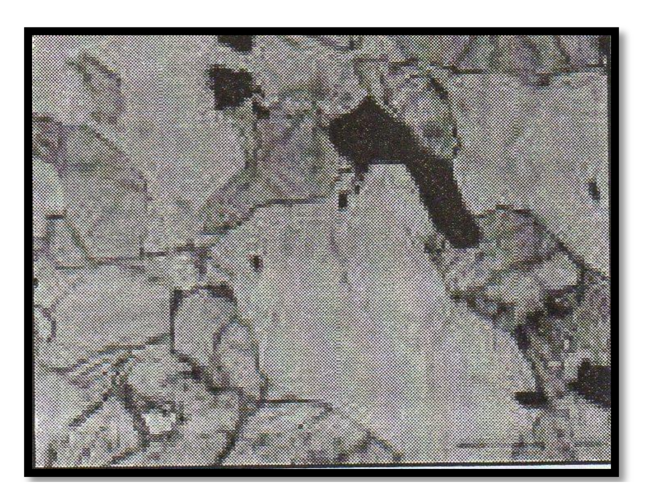
[219] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 14

[220] نفسه، ص 14

[221] محمد صبري (محسوب)، مرجع سبق ذكره، ص 50

[222] فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، مرجع سبق ذكره، ص 169

التبلور تظهر بها البلورات لها نسيج خشن مميز كما توضحه الصورة رقم (17)، و من أمثلة هذا النوع صخور الجابرو و الغرانيت.[223]



صورة رقم (17): نسيج خشن
عن: إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 170

و لا يشترط أن تكون هذه الصخور النارية موجودة في الوقت الحاضر تحت الأرض لأن الحركات الأرضية و عوامل التعرية المختلفة قد أدت إ لى إظهار الكثير مكنها فوق السطح، بل إن بعضها يرتفع فوق هذا السطح في كثير من المناطق، وتتكون منه هضاب و جبال مرتفعة.[224]

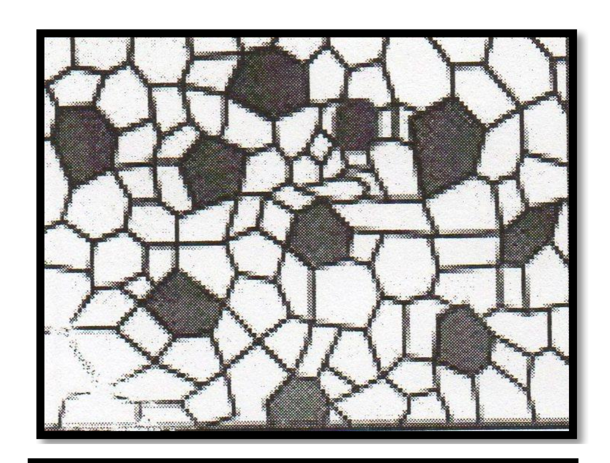
ب -الصخور تحت السطحية (المتداخلة):

هي صخور تداخلت بين طبقات القشرة الأ رضية و تصلدت بالقرب من السطح وبردت بسرعة أكثر من الصخور الجوفية لذلك فإن بلوراتها دقيقة أو متوسطة و نسيجها دقيق التبلور كما يوضحه الشكل رقم (37)، و قد يكون بهذه الصخور بلورات كبيرة نمت في الماجما و هي في جوف الأرض ثم انتقلت مع الماجما المكونة لهذه الصخور تحت السطحية حيث نرى بلورات كبيرة تحيط بها بلورات دقيقة و هو ما يسمى بالنسيج البورفيري الموضح في الصورة رقم (18)، و من أمثلة هذه الصخور نجد الفلسيت.[225]

[223] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 16

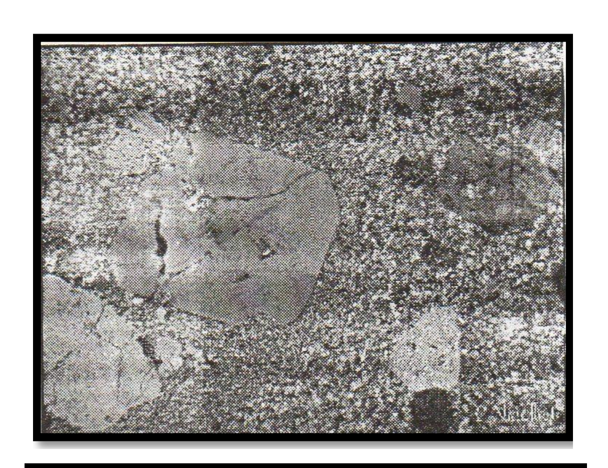
[224] فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، مرجع سبق ذكره، ص 162

[225] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 16



شكل رقم (37) : نسيج دقيق

عن إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 170



صورة رقم (18) : نسيج بورفيري

عن إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 170

ت –الصخور السطحية أو البركانية:

هي صخور تكونت بالقرب من الفوهات البركانية و لها نسيج زجاجي نتيجة لتبريد اللافا بسرعة فلم تسنح الفرصة لنمو البلورات و نتج لها نسيج خفي التبلور ، و من أمثلة هذه الصخور الأبسيديان و البازلت و الريوليت.[226]

بينما يمكن تقسيم الصخور النارية حسب اللون إلى نوعين: صخور نارية فاتحة اللون وصخور نارية قاتمة اللون.

النوع الأول: صخور نارية فاتحة :

و هي تحتوي على معادن قاتمة بنسبة قليلة و تكون أقل من 30 %.

[226]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص17

النوع الثاني: صخور نارية قاتمة

تحتوى على معادن قاتمة مثل البيوتيت و الأوقيت و الأولفين والأمفبيول والهورنبلند بنسبة 60 – 100 %.[227]

2 1 3 النسيج:

تتميز الصخور النارية بأنواع معينة من النسيج طبقا لحجم و شكل البلورات المعدنية الأساسية الموجودة في هذه الصخور و تتمثل هذه الأنسجة في ما يلي:

أ -النسيج الخشن:

يميز هذا النسيج الصخور النارية التي تحتوي على معادن تبلورت ببطء و في ظروف متشابهة مثل معادن الكوارتز.[228]

ب -النسيج الدقيق:

يميز الصخور النارية التي تبلورت معادنها بسرعة ع ند سطح الأرض أو فوق هذا السطح وخاصة صخور البازلت و الفلسيت.[229]

ت -النسيج الخشن الدقيق (البورفيري):

يميز هذا النسيج الصخور النارية التي تحتوي على بلورات معدنية دقيقة و أخرى خشنة، ووجود هذه البلورات المعدنية داخل التركيب البنائي لتلك الصخور يوضح أن تلك البلورات المعدنية قد تكونت في ظل ظروف مختلفة التبلور ، فعلى سبيل المثال البلو رات المعدنية ذات الحجم الكبير يمكن القول بأنها تبلورت أولا أما البلورات المعدنية ذات الحجم الصغير فقد تبلورت بعد ذلك بالقرب من سطح القشرة الأرضية أو فوق هذا السطح

---

[227]عبد الإله (أحمد أبو غانم)، **الجيولوجيا العامة: الجزء النظري**، الطبعة الأولى، المعتز للنشر و التوزيع، المملكة الأردنية الهاشمية، 2007م، ص 19

[228]محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 77

[229] نفسه، ص 77

و من أمثلة الصخور التي تحتوي على مثل هذه البلورات المعدنية الصخور الغرانيتية البورفيرية.[230]

ث -النسيج الزجاجي:

يظهر في الصخور البركانية ، حيث لا تظهر به بلور ات نهائيا و ذلك لبرودة اللافا وتجمدها بسرعة لم تسمح بتكوين البلورات.[231]

ج -النسيج المغماتي:

يميز الصخور النارية التي تحتوي على عروق معدنية مختلفة .[232]

ح -النسيج الفاتح:

يميز الصخور النارية التي تحتوي على عروق معدنية ذات لون فاتح.[233]

2 1 4 أهم معادن الصخور النارية:

تنقسم المكونات المعدنية للصخور النارية إلى معاد ن فاتحة اللون و تشمل الكوارتز وسليكات الألومنيوم لعناصر الصو ديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم، ومعادن قاتمة اللون وتشمل مجموعة من معادن سليكات الألومنيوم لعناصر الحديد و الماغنيزيوم ...إلخ، ويعتبر التركيب المعدني للصخور النارية بسيطا ، حيث أنها تتكون من س بع مجموعات من معادن أساسية و هي:

- مجموعة الكوارتز أو السيليكا
- مجموعة الفلسبار
- مجموعة الفلسباثويد

---

[230] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص77

[231] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 15

[232] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 77

[233] نفسه، ص 77

- مجموعة البيروكسين
- مجموعة الهورنبلند
- مجموعة البيوتيت أو الميكا
- مجموعة الأوليفين

بالإضافة إلى مجموعة صغيرة من المعادن المساعدة مثل الماجنيتيت و الإلمنيت والأباتيت.[234]

و الجدير بالملاحظة أن المجموعات السبعة المذكورة لا يمكن أن تتواجد معا في نفس الصخر ، بل إن البعض منها لا يمكن أن يتواجد مع البعض الآخر ، و على سبيل المثال فإن الكوارتز و مجموعة الفلسباثويد أو ا لأوليفين لا يمكن أن يتواجدا معا ، حيث يتفاعل الكوارتز مع مجموعة الفلسباثويد مكونا مجموعة البلاجيوكليز ، و مع مجموعة الأوليفين مكونا مجموعة البيروكسين، و أحيانا تتكون الصخور النارية بصفة أساسية من مجموعة واحدة مع وجود نسب صغيرة من المجموعات الأخرى.[235]

2 1 5 مميزات الصخور النارية:

- صخور متبلورة أو زجاجية في تركيبها : أي أنها عبارة عن بلورات من معادن مختلفة يتماسك بعضها مع بعض تماسكا شديدا.
- خالية تماما من بقايا مواد حيوانية أو نباتية.
- شديدة الصلابة.
- عديمة المسامية.
- مقاومة لعوامل التعرية.[236]

---

[234] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 43

[235] نفسه، ص 43

[236] فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، مرجع سبق ذكره، ص 162

2-2- الصخور الرسوبية:

تغطي الصخور الرسوبية حوالي ثلاثة أرباع سطح الأرض، بينما لا تشكل أكثر من 5% بالوزن من القشرة الأرضية.[237]

2 2 1 المنشأ:

تنشأ الصخور الرسوبية من تفتيت و تحطيم صخور أخرى موجودة من قبل، بفعل المياه والرياح و التحليل العضوي و غيرها من العوامل ، فتتفتت الصخور المصدرية إلى فتات أصغر حجما ، بينما تذوب بعض المكونات الأخرى في مياه الأمطار ، بعدها ينتقل ذلك الفتات الصلب و الأيونات الذائبة و الغرويات العالقة بواسطة عوامل النقل المختلفة لمسافات قصيرة أو طويلة حتى تصل إلى بيئة الترسيب ، و أهم هذه العوامل مياه الأنهار الجارية و الرياح.[238]

تتم عمليات الترسب بداخل أحواض الترسيب مثل أحواض البحار و المحيطات وتتراكم الرواسب التي يبلغ وزنها ملايين الأطنان سنويا في المياه الضحلة قريبا من الأرض (200 إلى 300 كلم من الشاطئ) و تترسب أيضا الرواسب الدقيقة من أصداف لحيوانات مجهرية و رماد بركاني على قيعان البحار و المحيطات، كما تترسب في بعض البحيرات رواسب الملح أو الجبس نتيجة لبخر مياهها، و هناك رواسب أخرى تترسب مباشرة على الأرض فعند حواف الهضاب و الجبال تتراكم أكوام من المواد الصخرية المهشمة وفي الصحاري تتراكم أكوام ذات أشكال مختلفة من الرمال و الأتربة التي تذروها الرياح وتنقلها من مكان لآخر و التي تعرف باسم الكثبان الرملية.[239]

[237] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص227

[238] نفسه، ص 228

[239] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 23

و عادة ما تصبح الرواسب المفككة صخورا إذا ما تعرضت إلى عمليات التحجر التي تشتمل على الإندماج أو إعادة تنظيم الرواسب و التفاعل مع الماء أو التحول بفعل الإذابة التي تمر بها بعض الرواسب، فعملية الإندماج أو التماسك تحدث في معظم الرواسب عندما تتعرض لثقل معين أو ضغط ما، حيث يتكون الحجر الطيني بهذه الكيفية مع تكونه من حبيبات دقيقة (0,125 − 0,050 مم) لها القدرة على التلاحم بالضغط بشكل أكبر من الرمال أو الحصباء، و يأتي الضغط أساسا من خلال عمليات ترسيب مستمر لطبقات طينية متتابعة مثلما يحدث في قيعان البحار أو البحيرات ، و ينتج عن ذلك قوى ضرورية لعملية التماسك بعد خروج المياه عن طريق العصر و الذي يؤدي إلى نقص الحجم بنسبة 40%.[240]

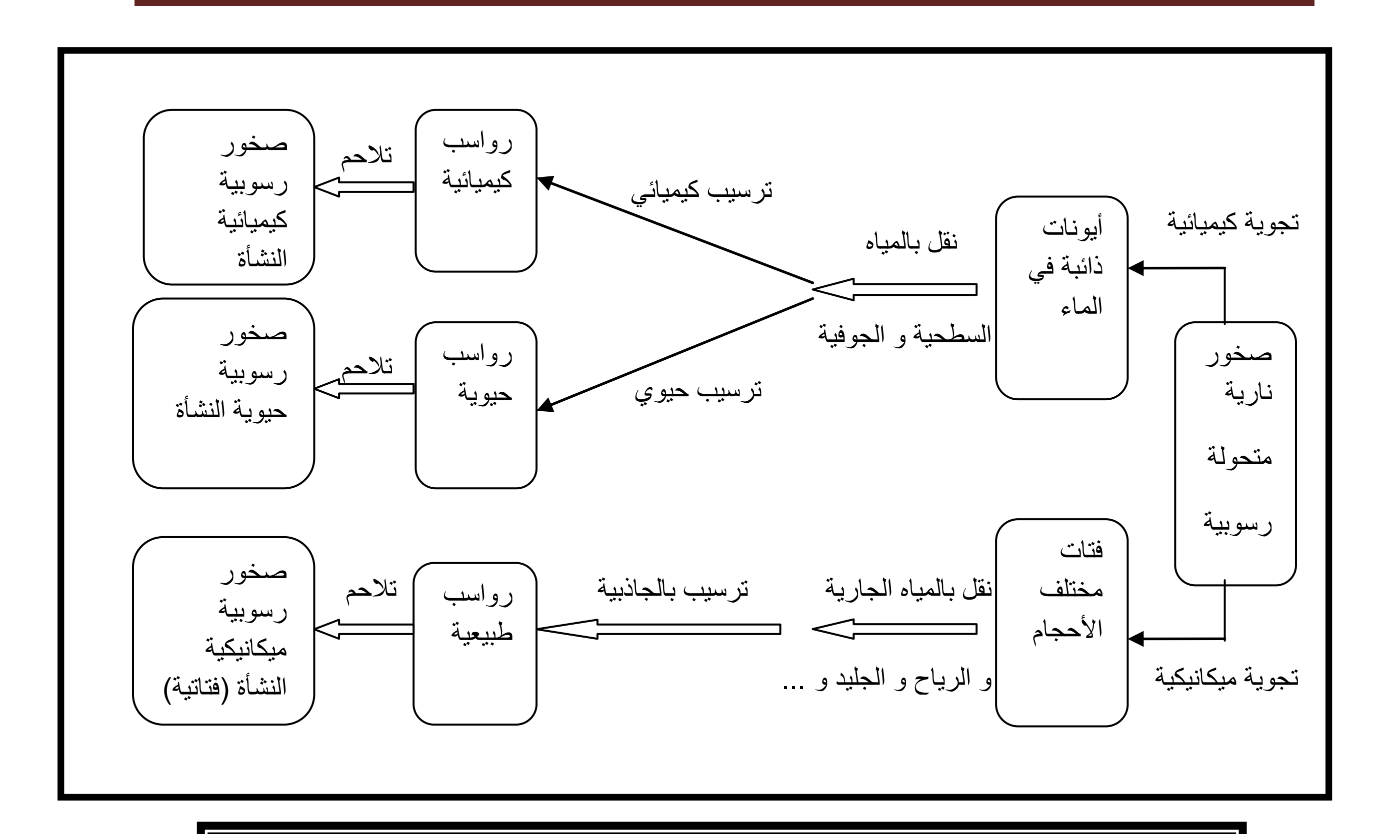
أما التكوين بواسطة التحجر فيتم من خلال وجود مادة لاحمة مثل الكالسيت والكوارتز وكربونات الحديد و أكسيد الحديد حيث تتفاعل مع المياه الموجودة بالرواسب مثلما يحدث في حالة تلاحم الحجر الرملي.[241]

تنشأ الصخور الرسو بية على سطح الأرض أو بالقرب منه، في درجات حرارة منخفضة وضغط منخفض، فهي إذا تتكون عادة من معادن مستقرة في هذه الشروط [242]، وقد وضحنا طرق تكون الصخور الرسوبية في رسم تخطيطي في الشكل رقم (38).

[240] محمد صبري (محسوب)، مرجع سبق ذكره، ص 55

[241] نفسه، ص 55

[242] Lazzarini (L), op.cit, p 21



شكل رقم (38): رسم تخطيطي يوضح طرق تكوين الصخور الرسوبية

عن: إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 173

2 2 2 أنواعها:

تبعا لطريقة نشأة الصخور الرسوبية يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع كما يلي:

- صخور رسوبية فتاتية النشأة
- صخور رسوبية كيميائية النشأة
- صخور رسوبية عضوية النشأة

أ - الصخور الرسوبية الفتاتية:

تتكون الصخور الرسوبية الفتاتية نتيجة لتراكم المعادن و فتات الصخور الناتج عن تهشم و تفتت الصخور المصدرية و نقلها على صورة صلبة.[243]

[243] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 228

و هذه الصخور تضم صخورا خشنة و أخرى ناعمة النسيج تكونت بالتماسك أو بالجفاف أو بالتحام المواد الرسوبية المفتتة مثل الرمل و الطين و الحصى و قد تتماسك هذه المواد بواسطة محاليل لاحمة من مواد جيرية أو حديدية و غيرها، أو نتيجة الضغط الواقع عليها مما يؤدي إلى التحامها.[244]

و نجد أن الصخور في هذا النوع تتميز بظاهرة تصنيف الحبيبات و كون حجم الحبيبات تعتبر من الخصائص الهامة للصخور الرسوبية فقد قسمت الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة إلى:

* صخور رسوبية ميكانيكية كبيرة الحبيبات ذات قطر أكبر من 2مم (حصى – رمل خشن)، من أمثلتها الكونجلوميرت و البريشيا.

* صخور رسوبية ميكانيكية متوسطة الحبيبات يتراوح فيها القطر ما بين 2 إلى 0,05مم مثل الحجر الرملي.

* صخور رسوبية ميكانيكية دقيقة الحبيبات (صخور طينية) و لا تزيد أقطار حبيباتها عن 0,05 مم و من أمثلتها الصلصال و الحجر الطيني.[245]

ب -الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة:

هي عبارة عن صخور رسوبية تكونت نتيجة تفاعلات كيميائية من المحاليل الغنية بالمواد الذائبة بعد بلوغ هذه المحاليل مرحلة فوق التشبع و بعد تبخر الماء المتبقي تتكون هذه الصخور و لذلك فإن هذا النوع من الصخور يتواجد غالبا في قيعان البحار والمحيطات و الكهوف، و من أم ثلة هذه الصخور نجد : الحجر الجيري غير العضوي، صخور النوازل ، الدولوميت، الجبس، الأنهدريت و الملح الصخري والكرناليت [246]، وهذه

[244]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 24

[245]عبد الإله (أحمد أبو غانم)، مرجع سبق ذكره، ص 28

[246] نفسه، ص28

الرواسب لا تحتوي على المستحثات إلا نادرا لأن الملوحة الشديدة لا تساعد كثيرا على وجود الحياة في مثل هذه الظروف.[247]

ويغلب وجود هذا النوع م ن الصخور في المناطق الحارة حيث يختلف الميزان بين سرعة التبخر في مياه البحيرات و بين ما يصل إليها من أمطار يعوضها عما تفقده من مياه.[248]

و تشمل هذه الصخور كل الأنواع التي ترسبت من البحار و المحيطات و تظم القائمة الممثلة في الجدول رقم(25) أهم هذه الأنواع.

جدول رقم 25: أهم أنواع الصخور الرسوبية الكيميائية. عن عبد الله (يوسف الغنيم)، الموسوعة الجيولوجية، ج 3، ص219

الصخر	معادنه الرئيسية	الصيغة الكيميائية
صوان	كوارتز	SiO_2
حجر جيري	كالسيت	$CaCO_3$
ترافرتين	كالسيت	$CaCO_3$
دولوميت	دولوميت	$CaMg(CO_3)_2$
فوسفوريت	أباتيت	$Ca(PO_4)_5(CO_3)F_3$
المتبخرات	هاليت	NaCl
ملح الأنهدريت	أنهيدريد	$CaSO_4$
صخر الجبس	جبس	$CaSO_42H_2O$

[247] عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف**، مطبعة الحضري، الإسكندرية، 2005م، ص 241

[248] فتحي عبد العزيز(أبو راضي)، مرجع سبق ذكره، ص 181

ت -الصخور الرسوبية العضوية النشأة:

تتكون من بقايا كائنات حية تجمعت أجزاؤها الصلبة على مدى زمن طويل، و أكثرها أهمية هو الحجر الجيري العضوي الذي يتكون من محار و هياكل الحيوانات التي تحتوي على كمية كبيرة من كربونات الكالسيوم ، كما يتم الترسيب العضوي بواسطة الكائنات البكتيرية الدقيقة التي تنتج عن تحلل النباتات و تعمل على ترسيب أكاسيد الحديد في مياه البحيرات.[249]

و تشمل الصخور الرسوبية العضوية النوعيات التالية:

- **نوعيات سيليسية** : تكونت من أصداف أوبالينية للدياتومايت (دياتوميت) والراديولاريا (راديولاريت).
- **نوعيات جيرية:** تكونت من أصداف كلسية كالحجر الجيري الصدفي.
- **الأنواع الكربونية:** تتكون من الفحم مع تجمعات أخرى من بقايا نباتية متحللة.[250]

و توجد الرواسب في الطبيعة على هيئة خليط من الرواسب الفتاتية و غير الفتاتية، ويندر أن يوجد أي نوع منها نقيا و خاليا من قدر و لو يسير من النوع الآخر ، فمثلا تحتوي صخور الحجر الجيري المتكونة كيميائيا على حبيبات دقيقة من الكوارتز و معادن الطين، والمعتقد أنها تكونت بتذرية الرياح ، كما أن الصخور الفتاتية كالحجر الرملي والطفل تحتوي على قدر من كربونات الكالسيوم و السيليكا و أكاسيد الحديد المترسبة كيميائيا إما أثناء تراكم الفتات أو بعد الترسيب في عمليات ما بعد النشأة.[251]

يشكل الطفل و الحجر الرملي و الحجر الجيري أكثر من 95% من الصخور الرسوبية، و يمثل الحجر الجيري وحده حوالي 15% من الحجم الكلي للرسوبيات،

---

[249] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 26

[250] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 220

[251] نفسه، ص 228

وتختلف التقديرات حول انتشار الطفل و الحجر الرملي، و يبدو أن انتشار الطفل يفوق الحجر الرملي مرتين أو ثلاث مرات.[252]

2 2 3 النسيج:

نسيج الصخور على اختلاف أنواعها يعبر عن حجم و شكل الحبيبات المعدنية التي تتكون منها هذه الصخور و درجة تماسكها و طريقة ترتيبها و خصائصها الفيزيائية من مسامية و كثافة.

و طبقا لحجم و شكل الحبيبات فإن الصخور الرسوبية تحتوي على حبيبات معدنية مختلفة الحجم و الشكل طبقا لنوع الصخور و ظروف تكوينها و أماكن التكوين، و يتراوح شكل هذه الحبيبات ما بين الحبيبات المستديرة وشبه ا لمستديرة و الحبيبات ذات الزوايا ، كما ترتبط هذه الحبيبات مع بعضها بالعديد من المواد الرابطة و تختلف هذه الروابط أو المواد الرابطة باختلاف الصخور فهناك مادة كربونات الكالسيوم و مادة الطفلة التي توجد في الأحجار الجيرية و بعض أنواع الأحجار الرملية كمادة رابطة، و هناك بعض أنواع الصخور الرملية التي ترتبط حبيباتها بأكسيد الحديد و السليكا و كربونات الكالسيوم.[253]

2 2 4 أهم معادن الصخور الرسوبية:

يستحسن التعبير عن ا لصخور الرسوبية بتركيبها المعدني، و ذلك لأنه ليس من الممكن التعرف دائما على معادن الصخور الرسوبية من خلال تركيبها الكيميائي، و لكن العكس صحيح ، حيث يمكن حساب التركيب الكيميائي للصخر الرسو بي طالما عرف التركيب المعدني له، و بالرغم من احتواء الصخور الرسوبية على العديد من المعا دن إلا أن 20معدنا تكون حوا لي 99% من مجموع الصخور الرسوبية ، و تتميز هذه المعادن العشرون بثباتها كيميائيا تحت الظروف الفيزيوكيميائية السائدة على سطح الأرض ،

---

[252] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 228

[253] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 86

وتنقسم معادن ا لصخور الرسوبية بدورها إلى نوعين : معادن فتاتية و معادن غير فتاتية (كيميائية أو حيوية)، حيث تتكون المعادن الفتاتية نتيجة للتفتيت الميكانيكي للصخو ر المصدرية أثناء عمليات التجوية ، بينما تترسب المعادن غير الفتاتية كيميائيا أو حيويا ببيئة الترسيب ، و مما يزيد من تعقيد التركيب المعدني للصخور الرسوبية، تكون بعض المعادن ميكانيكيا و كيميائيا، فمثلا يوجد الكوارتز بوجه عام على هيئة فتاتية و لكنه أيضا يوجد كترسبات كيميائية، و بالرغم من انتشار معدن الكالسيت المترسب كيميائيا إلا أنه يوجد أحيانا كفتات تكسر و نقل و ترسب بطريقة مشابهة لرمل الكوارتز.[254]

يعتبر الكواتز و معادن الطين أكثر المعادن ال فتاتية انتشارا بالصخور الرسوبية، أما الفلسبارات و الميكا فهي أقل انتشارا لكن وجودها يظل محسوسا في الرواسب و توجد مجموعة من المعادن بنسبة قليلة لا تتعدى غالبا 1% في الرواسب تتميز بثقل وزنها النوعي (أكبر من 2,85 و هو الوزن النوعي لسائل البروم ورفورم) و تعرف بالمعادن الثقيلة، ويستخدم البرومورفورم في فصل و تركيز المعادن الثقيلة ، و أكثر المعادن الثقيلة الفتاتية انتشارا نجد : الزيركون، التورمالين، الروتيل، الجارنت، الهورنبلند ، الإ بيدوت، الشتوروليت، الكيانيت ، الماجنيتيت و الألمنيت، و بالرغم من قلة انتشار هذه المعادن مجتمعة (1%) إلا أن أهميتها عظيمة في معرفة الصخور المصدرية ، كما أنها تتركز أحيانا مكونة خامات إقتصادية.[255]

و ت عتبر معادن الكربونات (الكالسيت، الأراجونيت، الدولوميت و السيديريت) أكثر المعادن الكيميائية انتشارا في الصخور الرسوبية ، و يأتي في م رتبة أقل أهمية الجبس والصوان والأنهيدريت و معادن البخر الأخرى كالهاليت و معادن الفوسفات كالداهليت

---

[254] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 231

[255] نفسه، ص 231

والكولوفين، و تتكون بعض المعادن الثقيلة بفعل كيميائي على نويات فتاتية كبعض الزيركون و التورمالين و الأناتيز.[256]

2 2 5 مميزات الصخور الرسوبية:

- توجد هذه الصخور عادة في طبقات متتابعة و لذلك فإنها تسمى كذلك بالصخور الطبقية، و يكون تتابعها عادة متفقا مع ترتيب العصور التي تكونت أثناءها بحيث يكون القديم منها تحت الأحدث ، و مع ذلك فقد أدت الحركات الأرضية وعوامل التعرية إلى اختلال هذا التتابع في كثير من المناطق.[257]
- احتوائها على مستحثات كبقايا هيكلية للأحياء النباتية أو الحيوانية التي كانت تعيش خلال فترات الترسيب و التي بدورها تدل على ظروف البيئة الطبيعية القديمة وتطور سطح الأرض.[258]
- إحتوائها على كميات هائلة من الخامات الإقتصادية مثل النفط و الغاز الطبيعي والفحم و الفوسفات و الكبريت و الجبس و الحجر الجيري و الحديد والمنغنيز واليورانيوم، و مواد البناء كالرمال و الحصى و الطين و أحجار البناء المختلفة.[259]
- إحتوائها على مسامية كبيرة.[260]
- للصخور الرسوبية ألوان عديدة نظرا لاحتوائها على الأصبغة بكميات قليلة، أهمها الكربون العضوي الذي يعطي اللون الأسود للصخر ، و أكسيد الحديد الذي يعطي

---

[256] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 231

[257] فتحي عبد العزيز(أبو راضي)، مرجع سبق ذكره، ص 171

[258] محمد صبري (محسوب)، مرجع سبق ذكره، ص 53، 54

[259] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3 ، مرجع سبق ذكره، ص 227

[260] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 24

اللون الأخضر و الأصفر و كذا الأحمر ، كما قد يكون اللون الأسود ناتج عن أكسيد المنغنيز.[261]

2 2 6 الحجر جيري:

أ تعريفه:

هو صخر رسوبي يتكون بصورة رئيسية من معادن الكربونات و خاصة كربونات الكالسيوم و الماغنيزيوم ، و هو أكثر الصخور غير الفتاتية شيوعا ، و تشكل الأحجار الجيرية أكبر مصدر لعنصر الكربون في القشرة الأرضية ، كما أن الكثير من المعلومات المتعلقة بالأحياء و تطورها قد تم استخلاصها من الأحافير التي عثر عليها في هذه الأحجار.[262]

يتكون الحجر الجيري بصفة أساسية من كربونا ت الكالسيوم مع نسب صغيرة متغيرة من مواد أخرى مثل السيليكا و الطفل و أكسيد الحديد و كربونات الماغنيزيوم ، و تتباين الأنواع المختلفة من الحجر الجيري تباينا كبيرا في درجة الصلادة.[263]

تشكل الحجارة الجيرية 25 إلى 35% من مجموع الصخور الرسوبية وهي من أكثر الحجارة المستعملة في بناء و تزيين المباني نظرا لسهولة استخراجها.[264]

ب التركيب الكيميائي للحجر الجيري:

إن التركيب الكيميائي للأحجار الجيرية هو بصورة رئيسية أكسيد الكالسيوم (CaO) و ثاني أكسيد الكربون (CO_2) و يعتبر أكسيد ا لماغنيزيوم أحد المكونات الشائعة ، فإذا زادت كمية هذا الأكسيد عن واحد أو إثنين بالمئة أطلق على الصخر عندئذ اسم الحجر الجيري الماغنيزيومي ، و قد توجد في الصخر مقادير ضئيلة من السيلكا و الألومينيا

[261] Pomerol (CH), Fouet (R), **Les roches sédimentaires**, presses universitaires de France, Paris, 1953, p 22, 23

[262] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 13

[263] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 48

[264] Lazzarini (L), op.cit , p 27

كنتيجة لوجود مواد فتاتية و رمال و طفل، كما قد يكون أكسيد الحديد موجودا أيضا سواء في صورة كربونات (سيديريت أ و دولوميت حديدي) أو في صورة معادن أخرى كالطفل.[265]

ت -التركيب المعدني :

إن المعادن الرئيسية للأحجار الجيرية هي: الكالسيت و الأراجونيت و الدولوميت في الحجر الجيري الدولوميتي، و لكل من الكالسيت و الأراجونيت نفس التركيب الكيميائي، ولكن لكل منهما نظام بلوري مختلف، و بالمقارنة بالكالسيت يعتبر الأراجونيت غير مستقر في البيئات السطحية و لذلك فإنه يتحول إلى كالسيت مع مرور الزمن، و على الرغم من أن الأراجونيت غير مستقر إلا أنه يترسب من مياه البحر و بعض المياه العذبة بصورة غير عضوية.

و على الرغم من أن الدولوميت يكون مستقرا في البيئات السطحية إلا أنه يتكون كراسب أولي فقط في ظروف خاصة (كارتفاع الملوحة أو زيادة القلوية)، و تشير الدراسات المعدنية الحديثة و دلائل نظيري الأكسجين 16 و 18 إلى أن معظم الدولوميت يتكون عقب الترسيب نتيجة لإحلال أيونات الماغنيزيوم في الكالسيت، و تؤكد ذلك الدراسات التي تمت على البيئات الحديثة.

يوجد السيديريت (كربونات الحديد) في بعض الأحجار الجيرية ولكن الحديد الموجود في الكربونات يتكون أساسا في صورة دولوميت حديدي، و قد توجد السيلكا في صورة دقائق منتشرة موزعة في الصخر، أو في صورة عقد صوانية نتيجة لتجمع هذه الدقائق، ويوجد الفلسبار بنفس الطريقة، و لكنه يكون بنسبة أقل من السيلكا، و هناك معادن أخرى

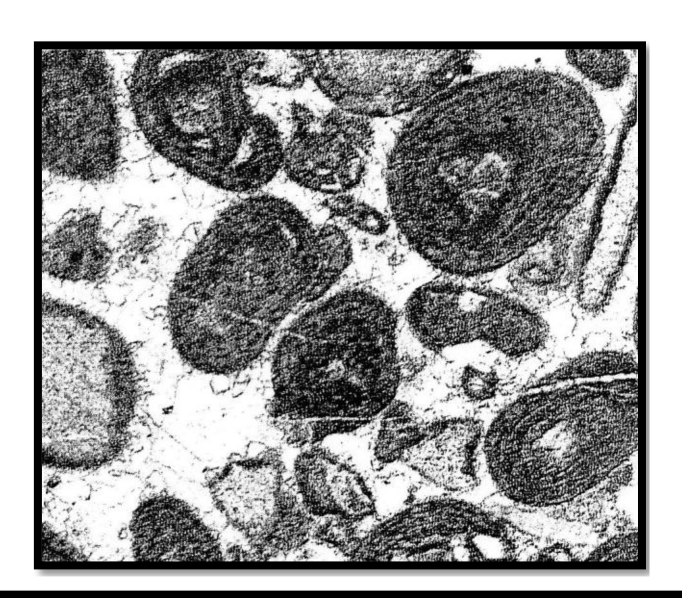
---

[265] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص13

توجد في الأحجار الجيرية كالجلونيت و الكولوفان و البيريت كما توجد آثار قليلة من بعض المعادن الأخرى كمعادن الطين، و قد توجد أيضا بعض المواد العضوية.[266]

ث -أنسجة الأحجار الجيرية:

تعكس أنسجة الأحجار الجيرية البيئات التي تكونت فيها ، و تمثل الأحافير و طرق حفظها دليلا على بيئة موقع الترسيب ، كما أن طبيعة و حالة الأحافير قد تكون دليلا على تيارات القا ع التي كانت موجودة إبان الترسيب ، و بشكل عام فإن الأحجار الجيرية المترسبة ميكانيكيا لها نفس تراكيب أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية و تتوفر أنسجة السرئيات (الأوليت) الموضحة في الصورة رقم (19) و البيزوليت، و نظرا لأن معادن الكربونات قابلة للذوبان نسبيا في المحاليل المائية ، و لما كان الأراجونيت يتحول إلى كالسيت، ويتحول الكالسيت بدوره إلى دولوميت لذلك فإن عملية إعادة التبلور تعتبر أمرا شائعا في الأحجار الجيرية.[267]



صورة رقم (19) : حجر جيري سرئي (أوليتي)
عن: عبد الله (يوسف الغنيم)، الموسوعة الجيولوجية، ج 3، ص14

---

[266]عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 13، 14

[267]نفسه، ص14

ج -أنواع و تقسيم الأحجار الجيرية:

هناك عدة محاولات لتقسيم الأحجار الجيرية من بينها محاولة فولك (Folk) التي قامت على مبادئ بيتيجون (Pettijohn) التي تنظر للحجر الجيري على أنه خليط من مكونات ثلاثية نقية هي الكالسيت و الدولوميت و السيلكا ، و هنا تقسيم آخر يعتمد على نوع النسيج (محتواه من الأحافير و الأوليت، نوع البلورات...إلخ).[268]

يمكن تقسيم الأحجار الجيرية حسب أصل و مصدر التكوين إلى نوعين، فهي إما أن تكون ناتجة عن ترسيب إحيائي في مياه البحر (لمواد تحتوي على الكربونات) و ذلك في موقع معين، و إما أن تكون ناتجة بسبب إنتقالها بفعل التيار ات من موضع الترسيب إلى موضع آخر ، و لا تكون المسافة التي تنتقل إليها المترسبات الجيرية كبيرة عادة، و يعتبر الحجر الجيري البحري العادي أشهر الصخور الممثلة للنوع الأول و قد يحتوي على عقد صوانية، أما صخور النوع الثاني فإن لها أنسجة شبيهة بأنسجة الصخور الفتاتية و هي تحتوي على دقائق فتاتية من الأحافير و من الكربونات غير العضوية.[269]

2-3- الصخور المتحولة:

الصخور المتحولة هي صخور طرأت عليها تغيرات فيزيائية و كيميائية، و تعرف عملية التحول بأنها العملية التي بموجبها يتغير الصخر الأصلي بواسطة العوامل الفيزيائية أو الكيميائية إلى صخر جديد له خواص جديدة ، فمثلا عندما يتحول الصخر الرسوبي إلى صخر متحول فإنه يصبح أشد صلاب ة و أكثر تبلورا ، أما الصخر الناري فإنه عندما يتحول يفقد شكله الذي يميزه بأنه ناري (البلورات موزعة بانتظام) و يكسب شكلا آخر يتميز بوجود بلورات مرتبة في خطوط متوازية تقريبا.[270]

---

[268] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص14

[269] نفسه، ص 14، 15

[270] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، دار المعرفة الجامعية، جمهورية مصر العربية، 2014م، ص39

2 3 1 المنشأ:

تنشأ الصخور المتحولة من الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة القديمة تحت تأثير الحرارة و الضغط و المحاليل الكيميائية النشطة، و يحدث هذا التحول عندما تتغير الظروف الطبيعية و الكيميائية التي تتعرض لها الصخور ، مما يجعل كثيرا من المعادن المكونة للصخر غير ثابتة في ظل هذه الظروف ، و بالتالي تتحول إلى معادن جديدة أكثر ملاءمة للبيئة الجديدة.

و الجدير بالذكر أن عملية تحول المعادن إلى معادن جديدة تتم و الصخور في حالتها الصلبة، أي أن الصخور ا لأصلية لا تمر بالمرحلة المنصهرة ، و كثيرا ما تكتسب الصخور ا لمتحولة أنسجة و بنيات جديدة تختلف عن نسيج الصخور الأصلية تمام الإختلاف.[271]

2 3 2 أسباب التحول:

تعتبر الصخور النارية إنتاج للعمليات الداخلية للأرض بينما الصخور الرسوبية نتاج للعمليات الخارجية و قد تتعرضان لبعض الظروف الجديدة مثل التغير في درجة الحرارة أو الضغط مما قد يتسبب عنه تغير الترك يب المعدني و كذلك تغير النسيج وتعرف هذه العملية بالتحول و التي من أسباب حدوثها ما يلي:

أ - التنشيط الكيميائي بواسطة السوائل:

توجد السوائل المائية بين مسام الحبيبات في الصخور الرسوبية و هذه السوائل تلعب دورا هاما وحيويا في عملية الت حول حيث يذاب فيها كميات من ثاني أكسيد الكربو ن والأملاح مثل كلوريد الصوديوم ، و بعض المكونات المعدنية مثل الكوارتز و هو يعمل على الإسراع من معدل التفاعلات الكيميائية و عند زيادة درجة الحرارة و الضغط تتحول

[271] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 237

المعادن المائية مثل الكلوريت و الطفل إلى معادن لامائية مثل الفلدسبارات والبيروكسينات.[272]

كما يحتوي الصهير عادة على نسبة من الماء ، الذي يندفع مع الصهير البركاني على شكل أبخرة و غازات أو على شكل محاليل مائية حارة تتغلغل في الصخور، و تعمل على نقل أيونات الصخور النارية إلى الصخور الأخرى التي تتخللها ، و نتيجة لعمليات نقل الأيونات و إحلال أخرى محلها في الصخر فإن هذا يؤدي إلى تغيير الصخر الأصلي، و يطلق على عملية التغير أو التحول بهذه الطريقة اسم عملية الإحلال أو الإستبدال و غالبا ما تكون مصاحبة لعمليات التحول التي تتم على أعماق بعيدة من سطح القشرة الأرضية، حيث يكون لهذه المحاليل نشاط كيميائي كبير يكون من نتائجه تحول المعادن و تكوين معادن جديدة.[273]

ب -الحرارة:

تعتبر الحرارة العامل الأساسي في عمليات التحول، و من المعروف أن درجة الحرارة ترتفع كلما زاد العمق من سطح القشرة الأرضية ، كما أن الصهير يعتبر مصدرا هائلا للحرارة اللازمة للتحول.[274]

عندما تتعرض الصخور لدرجة حرارة عالية فإن هناك معادن جديدة سوف تتكون نتيجة سلسلة التفاعلات التي تنشطها درجة الحرارة العالية، و مصادر الحرارة العالية تكون ناتجة من داخل الأرض و عند تداخل الصخور النارية في الصخور الرسوبية واندفاعها

[272]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 40

[273]عبد الله (يوسف الغنيم) ، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 238

[274] نفسه، ص 237

ما يؤدي إلى تغير درجة الحرارة و الضغط و بالتالي تكون معادن جديدة و تحول الصخور الرسوبية إلى صخور متحولة.[275]

ت -الضغط:

يعتمد التركيب المعدني للصخور المتحولة على درجة الحرارة و الضغط المرتفعين ، كما أن الضغط يؤثر على نسيج الصخور حيث ينتج النسيج الصفائحي لبعض المعادن مثل الميكا والكلوريت.[276]

لقد أكدت نتائج أعمال حفر آبار النفط أن الصخور الرسوبية التي تقع على عمق يتراوح ما بين 4 و 6 كيلومترات من سطح الأرض قد لا تتأثر بعمليات التحول ، و لكن على عمق أكثر من ستة كيلومترات حيث يبلغ مقدار الضغط نحو 2500كلغ/سم^2، تصبح الصخور في حالة مرنة أو لينة مما يؤدي إلى إعادة تبلور حبيبات الصخر وتكوين معادن جديدة.[277]

و هناك نوعان من الضغط يختلفان في درجة تأثيرهما على الصخور و هما:

الضغط الإتجاهي : الذي يسود تأثيره المناطق القريبة من سطح الأرض و يعمل على تنظيم حبيبات المعادن المكونة للصخور في ترتيب معين ، بحيث يصبح المحور الطويل لها في اتجاه واحد ، و في نفس الوقت عموديا على اتجاه الضغط و ينشأ عن ذلك رقائق متوازية، ومن أمثلة المعادن التي تستجيب لعملية الترتيب و الإستطالة نجد معادن الميكا و الكلوريت والتلك و الهورنبلند ، أما إذا كانت طبيعة المعادن المتأثرة بالضغط الإتجاهي صلبة مثل معدن الكوارتز ، فإنها لا تقبل الإستطالة و الترتيب، و بذلك تتفتت إلى حبيبات أثناء حركة الصخور وانزلاق بعضها على بعض.

[275]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 40

[276]نفسه، ص 40

[277]عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 237

و يلعب الضغط الإتجاهي متضافرا مع الحرارة دورا هـ اما و مؤثرا في تحول معظم الصخور، إذ يعملان معا على إعادة تبلور المعادن و تكوين معادن جديدة ، كما يعملان على تكوين بعض البنيات و الأنسجة المميزة للصخور المتحولة مثل البنية أو النسيج الشيستوزي.[278]

الضغط المنتظم : و هو الضغط الذي يؤثر على الصخور العميقة ، حيث يشترك مع الحرارة في حدوث نوع من التحول يعرف بالتحول الجوفي و مثل هذا الضغط يؤدي إلى اختزال حجم بلورات المعادن المكونة للصخور الأصلية ، لتصبح ذات أشكال حبيبية متساوية الأبعاد تقريبا مثل معدن الجار نت، و ذلك لأن الضغط المنتظم يؤثر على البلورات بدرجة متساوية من جميع الجهات تقريبا.[279]

ث -الزمن:

كل التفاعلات الكيميائية تحتاج إلى مدة معينة من الزمن لإنجازها ، بعض هذه التفاعلات يحدث بسرعة و بعضه ا الآخر يحتاج إلى ملايين السنين ، و التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الصخور تنتمي للنوع الأخير (تحتاج إلى ملايين السنين)، وقد أجريت تجارب عديدة في المعمل أثبت ت أن الحرارة العالية و الضغط العالي و الوقت الطويل تنتج حبيبات معدنية كبيرة ، و أن الحرارة المنخفظة و الضغط المنخفض و وقت تفاعلي قصير تنتج صخور ذات حبيبات دقيقة.[280]

[278] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص 238

[279] نفسه، ص 238

[280] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 40

2 3 3 أنواع التحول:

أ -التحول التماسي أو الحراري:

يحدث التحول التماسي لاندفاع الصخور النارية في القشرة الأرضية حيث يحدث ارتفاع في درجة الحرارة و التي قد تتجاوز 1000°م و على ذلك فإن الصخور المجاورة للسد تسخن وتتحول و تتوقف درجة تحولها على حجم الجسم الناري المندفع و درجة الحرارة المرتفعة وعلى التركيب المعدني له، و من أمثلتها تحول الحجر الرملي إلى الكوارتزيت و الحجر الجيري إلى الرخام.

ب -التحول المدفون:

عند دفن الصخور الرسوبية مع الصخور البركانية على أعماق ك بيرة يمكن أن ترتفع درجة الحرارة ، كما أن وجود السوائل بين حبيبات الصخور الرسوبية يعمل على تنشيط عمليات التحول للمعادن، و المعادن التي تميز حالات التحول المدفون هي معادن السليكات.

ت -التحول النطاقي أو الإقليمي:

يشمل أكثر الصخور المتحولة الشائعة لشموله على مساحات كبيرة تتعدى آلاف الكيلومترات المربعة و على ذلك يسمى بالتحول الإقليمي ، و لا يشمل على التشويه الميكانيكي، و تتميز صخور التحول الإقليمي بالنسيج الصفائحي و تكون طبقاتها قوية.[281]

2 3 4 تقسيم الصخور المتحولة:

كون الضغط و الحرارة هما العاملان الرئيسيان في تكوين الأنواع المختلفة من الصخور المتحولة فقد قسمت إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

---

[281] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 41

- الصخور المتحولة بالحرارة
- الصخور المتحولة بالضغط
- الصخور المتحولة بالضغط و الحرارة

أ -الصخور المتحولة بالحرارة:

و هي الصخور الناتجة عن التحول الحراري و ينتج عنها معادن جديدة تعرف بالمعادن المتحولة بالحرارة، و نسيج الصخور المتحولة بالحرارة نسيج حبيبي (البلورات متداخلة وموزعة دون انتظام)، و من أمثلتها تحول الحجر الجيري و تبلوره من جديد مكونا صخر الرخام.[282]

ب -الصخور المتحولة بالضغط:

يعتبر هذا النوع محدود الإنتشار و قليل الأهمية و لا توجد معادن جديدة في هذا النوع، فقط توجد المعادن الموجودة أصلا في ال صخر الأصلي، و تستخدم معادن هذه الصخور كمواد لاحمة للمعادن الصلبة و من أمثلة هذه الصخور بريشيا الفالق.[283]

ت -الصخور المتحولة بالضغط و الحرارة:

تتكون صخور هذا النوع نتيجة تأثير الضغط و الحرارة معا ، مما يؤدي إلى تكوين صخور متحولة فيها معادن جديدة مثل الأندلوسايت و السليمنايت، و معالم هذه الصخور تختلف عن معالم الصخر الأصلي ، و من أمثلة هذه ال صخور نجد النيس و الشيست والأردواز.[284]

[282] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 42

[283] عبد الإله (أحمد أبو غانم)، مرجع سبق ذكره، ص 24

[284] نفسه، ص 24

2 3 5 أنسجة الصخور المتحولة:

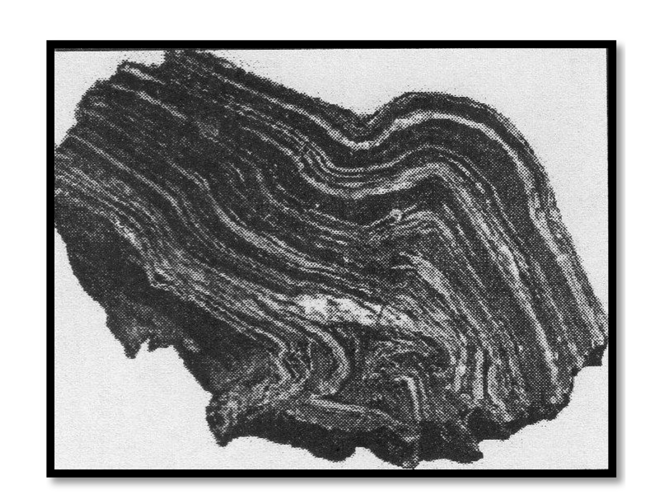
تتميز المعادن التي تتكون منها الصخور المتحولة بشدة تماسكها الداخلي الأمر الذي يؤثر على نسيج الصخور فنسيج هذه الصخور مرتبط إلى حد بعيد بما يلي:

- أنواع المعادن الموجودة في هذه الصخور.
- حجم بلوراتها.
- درجة التبلور ذاتها.[285]

و على هذا الأساس يمكن تقسيم الصخور المتحولة حسب أنسجتها (ترتيب الحبيبات مع بعضها البعض) إلى:

أ - متورقة (نسيج صفائحي):

تترتب حبيبات الصخر نتيجة لعمليات التحول ترتيبا خاصا و تظهر غالبا على شكل خطوط طولية رقيقة و متوازية و متجاورة ، و تمتد في اتجاه عام مع اتجاهات التشقق الصخري[286]، و تتكون هذه الصخور من نسبة عالية من المعادن الصفائحية (الميكا) وتكون معادنها مرتبة و متوازية[287]، كما توضحه الصورة رقم (20)



صورة رقم (20) : نسيج متورق
عن: إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 175

[285] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 80

[286] عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مرجع سبق ذكره، ص240

[287] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 43

ب -مخططة:

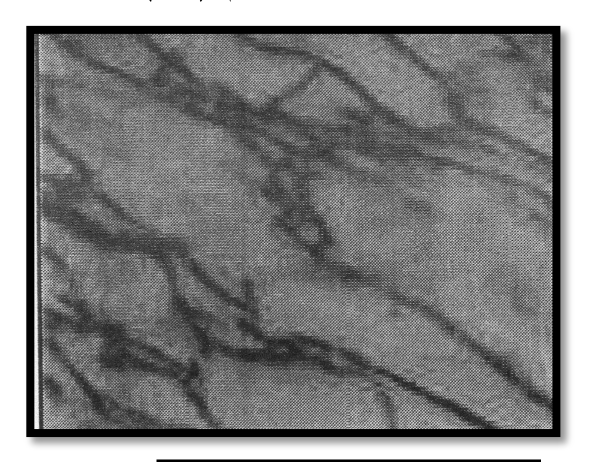
تتكون هذه الصخور من نسبة عالية من المعادن القضبية الشكل أو المتطاولة أو الليفية والتي تأخذ ترتيب خطي بحيث تشير محاورها الطولية إلى اتجاه واحد [288]، كما توضحه الصورة رقم (21).

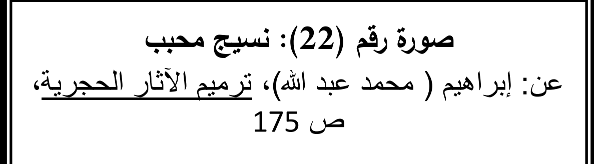


صورة رقم (21): نسيج مخطط
عن: إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 175

ت -محببة:

تتكون هذه الصخور من معادن حبيبية ليست صفائحية أو متطاولة مثل الكوارتز أو الكالسيت و تشكل معادنها فيما بينها حبيبات متلاصقة معشقة مع بعضها البعض [289]، كما توضحه الصورة رقم (22).





صورة رقم (22): نسيج محبب
عن: إبراهيم (محمد عبد الله)، ترميم الآثار الحجرية، ص 175

[288] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 43

[289] نفسه، ص 43

ث - النسيج البورفيري:

و هو يشبه نسيج الغرانيت البورفيري حيث توجد المعادن ذات الحجم الصغير و هي تحيط بالمعادن ذات الحجم الكبير.[290]

و يقتصر وجود الصخور المتورقة و المخططة في التحول الإقليمي فقط لأنها ناتجة عن الضغط و الحرارة كما أن التركيب المعدني لهذه الصخور غالبا ما يكون معقدا بحيث يتكون الصخر الواحد من أكثر من معدن ، هذا بالإضافة إلى أن التركيب المعدني لهذه الصخور يتغير بتغير درجات الضغط و الحرارة ، و تنشأ الصخور المحببة أو الحبيبية بواسطة التحول التماسي أو الإقليمي و السبب الرئيسي في ذلك أن تلك الصخور تتركب في الغالب من معدن واحد مما يؤدي ذلك إلى عدم تكون معادن صفائحية أو متطاول ة تعطي النسيج المتورق أو المخطط.[291]

2 3 6 أهم معادن الصخور المتحولة:

يكون المعدن تحت ظروف خاصة مثل درجات الحرارة و الضغط و عن د ارتفاع درجة الضغط و الحرارة تبدأ المعادن السابقة التكوين في التغير تدريجيا إلى معادن أخرى أكثر ثباتا تحت الظروف الجديدة و نتيجة لتغير المعادن تتغير كذلك الصخور، لذلك نجد الصخور المتحولة تتركب أساسا من مجموعتين من المعادن:

أ - معادن متبقية في الصخور المتحولة أصلها في الصخور قبل التحول.

ب - معادن تكونت أثناء و نتيجة التحول.[292]

ت - المعادن الملونة مثل الهيماتيت و المجنيتيت و الجرافيت و اللاجيوكليز.[293]

---

[290] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 80

[291] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص40

[292] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص44

[293] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 80

الكوارتز على سبيل المثال يظل ثابتا جدا و لا يتغير تحت أعلى درجات التحول و على العكس من ذلك فإن معادن الطين تتحول إلى معادن جديدة (مثل معدن الكلوريت) تختلف باختلاف ظروف التحول و توضح القائمة التالية أهم المعادن الشائعة في الصخور المتحولة:

الكوارتز– الكالسيت – فلسبار – كلوريت – بيوتايت – مسكوفيت – جارنت – اشترولايث.

بالإضافة إلى المعادن السابقة فقد توجد المعادن التالية في بعض الصخور المتحولة و هذه المعادن هي :

تلك – جرافيت – أبيدوت – تريموليت – أكتينوليت – ولاستونيت – كورديريت– اندلوسايت.[294]

2 3 7 مميزات الصخور المتحولة:

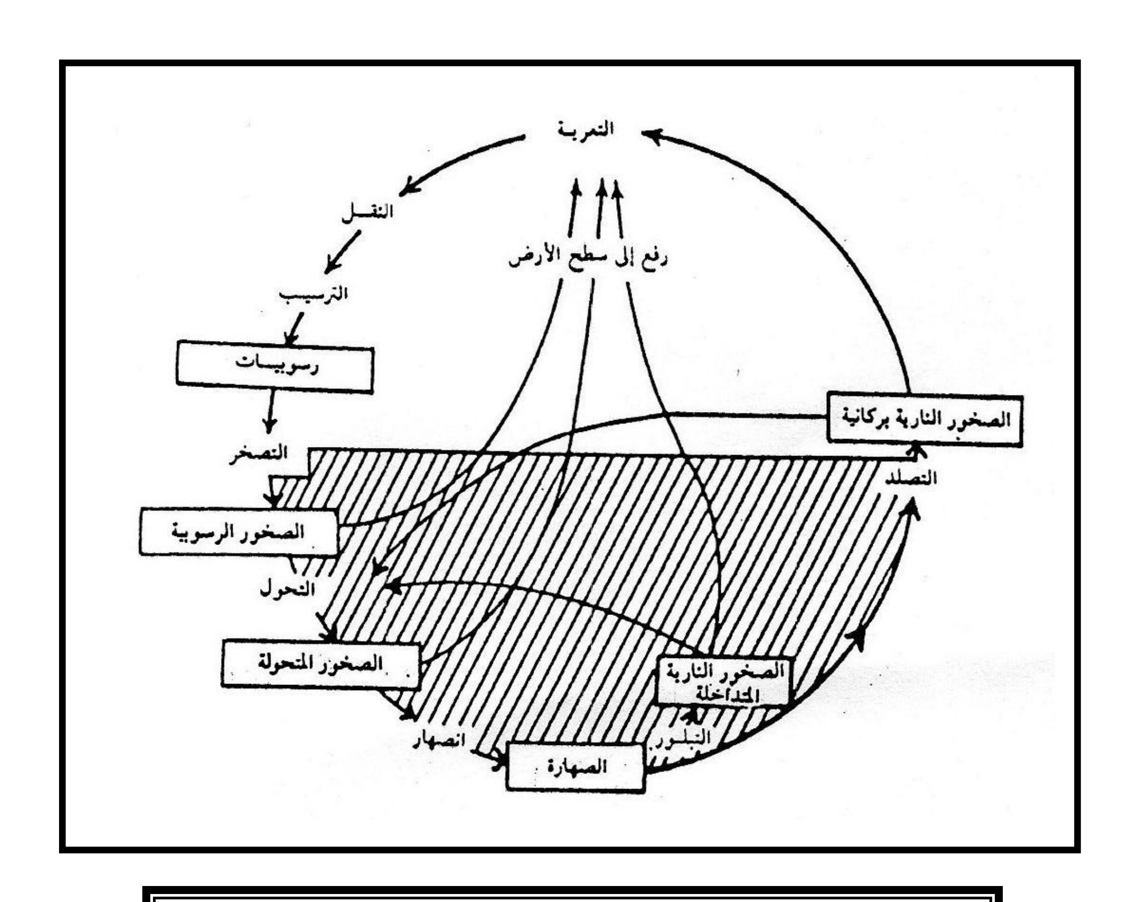
من مميزات الصخور المتحولة عدم احتوائها على المستحثات ما عدا في حالات نادرة، وهذا يدل إما على أنها لم تتواجد أصلا في الصخر، أو أن آثارها قد زالت.[295]

[294] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص44

[295] Cailleux (A), **les roches**, presses universitaires de France, paris, 1952, p 54

الخلاصة:

هناك علاقة بين الأنواع الرئيسية الثلاثة للصخور ، فالصخور النارية التي نشأت من تصلب و تبلور الصهير حين تتكشف و تتعرض لعوامل التجوية على سطح الأرض تتغير كيميائيا و فيزيائيا إلى فتات و مواد مذابة، ثم تنقل هذه المواد و تترسب و تتماسك وتصبح صخورا رسوبية، و إذا ما تعرضت هذه الصخور إلى ضغ ط و حرارة تتحول إلى صخور متحولة، و قد تعاني كل من ال صخور الرسوبية و المتحولة من عوامل التجوية وتتغير إلى رواسب جديدة، أما الصخور المتحولة و المدفونة على أعماق كبيرة فيمكن أن يعاد صهرها لتعطي صخور نارية جديدة كما يوضحه الشكل رقم (39).



شكل رقم (39): دورة الصخور في الطبيعة

عن: عبد الله (يوسف الغنيم)، الموسوعة الجيولوجية، ج 3، ص221

الفصل الثاني :

خصائص واستعمالات الصخور

الفصل الثاني: خصائص و استعمالات الصخور

تمهيد

1- خصائص الصخور

1-1- الخواص الطبيعية

1-2- الخواص الميكانيكية

1-3- الخواص الحرارية

2 - الأجهزة العلمية المستخدمة في التحليل و الفحص

3 - استعمالات الصخور

الخلاصة

تمهيد:

تختلف خواص الصخور فيما بينها حسب أنواعها و طبيعة الحبيبات المشكلة لها وطريقة ارتباطها فيما بينها و تتمثل هذه الخصائص في كل من الخصائص الطبيعية كالوزن النوعي و الكثافة و المسامية و الإمتصاص و التركيب الطبقي الذي يميز الصخور الرسوبية، والخصائص الميكانيكية كقوة التحمل الميكانيكي و القسا وة، إضافة إلى الخواص الحرارية كالتوصيل الحراري، التمدد الحراري و مقاومة الحريق، و في هذا الفصل سنستعرض أيضا مختلف الطرق المستعملة لمعرفة هذه الخواص، و كذا المجالات المختلفة التي تستعمل فيها الصخور.

1-خواص الصخور:

لا بد للقائمين بصيانة الآثار الحجرية و علاجها معرفة الخواص الطبيعية والميكانيكية والحرارية للأحجار المراد علاجها و ذلك لأن معرفة هذه الخواص المخ تلفة يفيد في تشخيص حالة الإصابة ، بالإضافة إلى أنه يفيد في اختيار المواد المناسبة المستخدمة في علاجها و تقويتها و مدى توافقها الح راري و سلوكها الميكانيكي مع مادة الحجر و كذلك الطرق المناسبة لتغلغلها داخل الحجر و تشبعه بها.

و تتوقف خواص الصخور على طبيعة الحبيبات المكونة لها و كذلك على طبيعة ومقدار المسام داخل الكتلة الحجرية، إلى جانب طبيعة المواد الرابطة بين الحبيبات.[296]

1 1 1-الخواص الطبيعية:

تشمل الخواص الطبيعية ل لأحجار على الكتل الحجمية، الكثافة، المسامية، الإمتصاص، درجة التشبع، النفاذية و الخاصية الشعرية و سيتم توضيحها كالآتي:

1-1-1- الكتلة الحجمية:

يمكن تعيين مقدار الكتلة الحجمية لعينة من الصخر كالآتي:

- نضع كمية من الماء في أنبوب إختبار مدرج بحيث تكون هذه الكمية كافية لينغمر فيها الجسم كله.
- نقرأ القيمة التي يصل إليها السطح الحر للماء و نسجلها حيث نرمز لها بـ $ح_0$.
- ندخل ببطء العينة في الأنبوب حتى نتجنب تطاير قطرات الماء، ثم نقرأ القيمة التي يقف عندها السائل بعد إدخال العينة و نسجل $ح_1$.
- الفرق بين القيمتين المسجلتين $ح_1$ و $ح_0$ يمثل حجم العينة.

و باستخدام المعادلة الآتية يمكن إيجاد الكتلة الحجمية حيث:

[296] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص79

$$\text{الكتلة الحجمية} = \frac{\text{ك}}{\text{ح}_1 - \text{ح}_0} \quad (\text{غ/سم}^3)$$

حيث: ك: كتلة العينة (غ)

ح_0: حجم الماء في بداية التجربة (سم^3)

ح_1: حجم الماء بعد غمر العينة فيه (سم^3)

و ي فضل أخذ متوسط ثلاث تجارب مختلفة ، و من المعادلة السابقة يتضح أن الكتلة الحجمية تمثل النسبة بين وزن معين من الصخر (حجم المواد الصلبة + الفراغات) و حجمه.

1-1-2- الكثافة:

تم تعريف المواد الصخرية سابقا بأنها مجموع حبيبا ت المعادن و من ضمنها المسامات والشقوق التي تكون معزولة لكنها غالبا ما تكون متصلة مع بعضها البعض ومملوءة بالهواء أو الماء ، و حجم الفجوات قد لا يبقى بالضرورة كمية ثابتة ، و تعرف الكثافة بأنها وزن وحدة حجم معين من المادة المعدنية الصلبة ، و تقدر ب غ/سم^3.

و تعتمد كثافة الحجر بصورة أساسية على المعادن المكونة له و تركيبها الكيميائي والبلوري حيث تتغير كثافته بتغير درجة الحرارة و الضغط لما تحدثانه من تمدد و انكماش في الوحدة البنائية ، و تعد الكثافة أهم الخواص الفيزيائية التي يمكن عن طريقها تحديد درجة كثافة الحجر الأثري و مثيلتها في الحجر المستخدم في الترميم للوصول إلى أفضل درجات التشابه و التطابق بينهما لنجاح عمليات الترميم، و تكون الأحجار صلدة إذا تراوحت قيمة كثافتها بين 2,8 – 3,5 غ/سم^3 و تعتبر ضعيفة إذا قلت عن 2,3 غ/سم^3.[297]

[297] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص77

1-1-3- المسامية:

تعبر المسامية عن النسبة المئوية لحجم الفراغات الموجودة بين حبيبات ال مادة بالنسبة للحجم الكلي للمادة ، و تختلف هذه الخاصية في الأنواع المختلفة للصخور فهي تقل للحد الأدنى في الصخور النارية و المتحولة طبقا لطبيعة تكوين حبيباتها، في حين تزداد و تصل إلى قيم مرتفعة في الصخور و الأحجار الرسوبية ، و بالنسبة للصخور النارية و المتحولة كالغرانيت و الرخام فإن حبيباتها المعدنية ترتبط مع بعضها بحكم الحرارة و الضغط اللذان يتحكمان في سد الفراغات البينية – ما يسمى بالنمو المتداخل – أما الصخور الرسوبية فإن الحبيبات المكونة لها تظل مستقلة بأشكالها الشبه كروية والغير منتظمة مما يسمح بتكوين العديد من الفراغات ، و كلما زاد الاختلاف في الحبيبات كلما زادت الفراغات الداخلية اتساعا.[298]

و الصخور التي تحتوي على مواد معدنية قابلة ل لذوبان قد تحتوي عل ى فجوات وبذلك تكون مساميتها عالية و قد تزداد المسامية لوجود ا لشقوق الدقيقة و الفواصل الأولية.[299]

1-1-4- الإمتصاص:

عند غمر عينة من الصخر في الماء فإنها لا تمتص منه ذلك القدر الذي يملأ جميع ما يوجد بها من فجوات و يرجع ذلك إلى أن بعض الفجوات التي تحتوي عليها العينة يظل محبوسا بها جزء من الهواء ، و تعرف النسبة المئوية بين حجم الماء الممتص و حجم عينة الصخور بالنسبة المئوية للإمتصاص ، و يجب ذكر درجة الحرارة و مدى بقاء عينة الصخر مغمورة في الماء عند ذكر نسبة الإمتصاص ، و يمكن التعبير عن نسبة الإمتصاص بالمعادلة الآتية:

---

[298] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 87، 88

[299] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص81، 82

نسبة الامتصاص = ك2- ك1 X 100 %

ك1

حيث : ك1 = وزن العينة جاف

ك2= وزن العينة بعد الغمر في الماء

و تعرف درجة التشبع بأنها النسبة بين حجم الفراغات البينية المملوءة بالماء في عي نة الصخر و بين الحجم الك لي لهذه الفراغات ، و لكي نجعل الماء يدخل جميع الفجوات المتصلة مع بعضها البعض يجب إخلاء الهواء فيها و يتم ذلك بأن تغمر العينة في الماء وتركها تمتص الماء لفترة كافية بواسطة الخاصية الشعرية.[300]

1-1-5- النفاذية أو الخاصية الشعرية:

تعبر هذه الخاصية عن سهولة مرور الماء و تحركه داخل الصخور ، و تقسم الصخور من حيث مقدرتها على النفاذية إلى:

صخور نفوذة: و تكون الصخور في هذه الحالة ذات مسام أو عديمة المسام، و يستطيع الماء في عدم وجود المسام المرور من خلال الشقوق و الفواصل ، و كلما زاد حجم المسام و الشقوق و الفواصل كانت ال نفاذية عالية كما هو الحال في الحجر الرملي والجيري.

صخور غير نفوذة: و تكون الصخور في هذه الحالة قليلة المسامية أو قد تحتوي على مسام كثيرة و لكن هذه المسام دقيقة جدا و غير متصلة مع بعضها بحيث لا تسمح بنفاذ أو مرور الماء من خلالها ، و من خواص الصخور غير المنفذ ة عدم احتوائها على فواصل أو شقوق.[301]

---

[300]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص78، 79

[301]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص83، 84

و تعتمد النفاذية على كثير من العوامل الهامة م ثل مسامية الحجر و حجم حبيباته والسطح النوعي لهذه الحبيبات و درجة لزوجة السائل أو المحلول ، و تعتبر النفاذية من الخواص الهامة التي يجب معرفتها بالنسبة للأحجار المشيد منها الأثر سواء لما تعكسه قيمة هذه الخاصية عن حالة الأثر أو ما تسببه من تلف ناتج عن سرعة جريان الماء داخل بنية الحجر الداخلية مما يؤدي إلى تفتيت المواد الرابطة بين الحبيبات و يؤدي ذلك الفتات إلى إغلاق مسام الحجر و التشققات ا لصغيرة مما ينشأ عنه بعض الضغوط الداخلية.

و بصورة عامة فإن الصخور ذات المسامية المنخفضة تعتبر ذات نفاذية منخفضة أما الأنواع ذات المسامية ال عالية فإنها تمتاز بنفاذية عالية ، إلا أن قيم النفاذية تختلف طبقا لطبيعة الحجر.

و بالإضافة إلى ما سبق فإن تعيين هذه الخاصية يفيد المرمم كثيرا في إجراء عمليات التقوية المختلفة سواء بطريقة التسقية أو الحقن العادي أو الحقن تحت ضغط للأحجار الضعيفة أو التي تتطلب حالتها مثل هذه المعالجات.[302]

1-1-6- التركيب الطبقي للصخور:

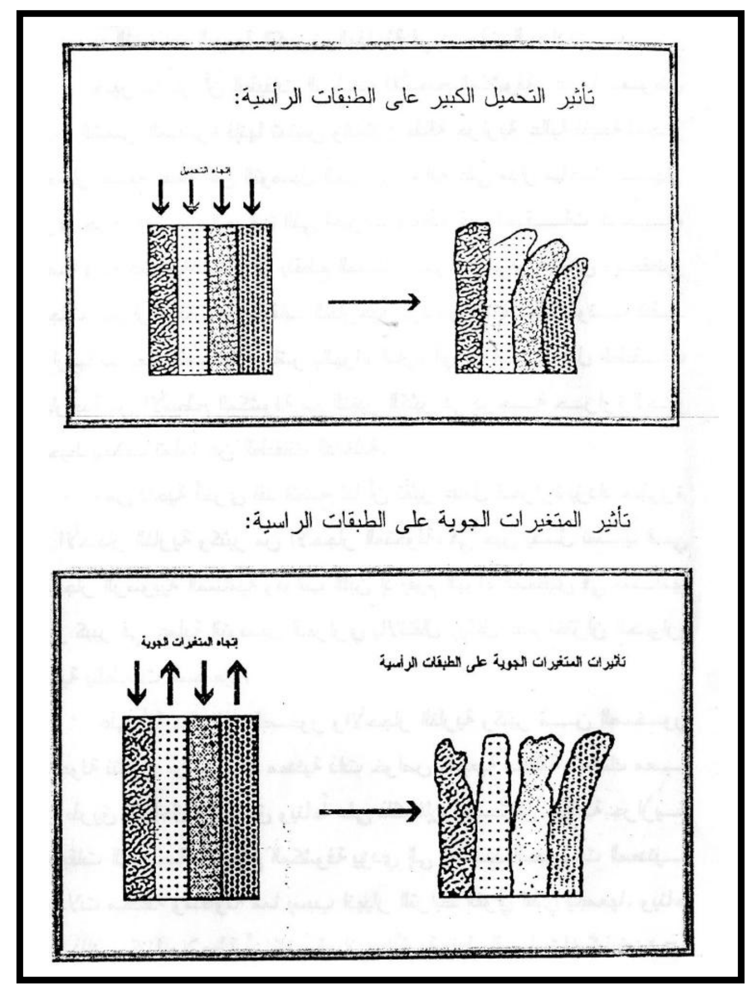
تتميز كثير من الصخور خاصة الصخور الرسوبية و بعض ا لصخور المتحولة بتركيب طبقي في اتجاه معين، و يعبر سمك التركيب الطبقي في حالة الصخور الرسوبية عن طاقة الوسط الحامل للمواد المرسبة طبقا لمعدلات ميكانيكية أو كيميائية في الفترات الزمنية المختلفة فإذا ما تصورنا حدوث ترسيب على هذا النحو في مسطحات أو طبقات أفقية متتالية فإنه سوف يترتب على ذلك أن يكون تماسك وترابط الحبيبات المعدنية المكونة للصخور في داخل كل طبقة أشد و أقوى من ترابط حبيبات هذه الطبقة مع

---

[302] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص84

حبيبات الطبقة التي تعلوها أو تقع تحتها و ذلك لوجود فواصل زمنية بين كل طبقة من هذه الطبقات، ويترتب على ذلك حدوث تغي ير في الخواص الطبيعية و الميكانيكية للصخور ما يؤدي بدوره إلى حدوث اختلاف في درجة مقاومة الأجزاء المختلفة من الحجر في كلا من الاتجاهين الرأسي و الأفقي للمؤثرات الخارجية.

و على ذلك نلاحظ في الحالات التي يكون فيها التركيب الطبقي رأسيا حدوث انهيارات رأسية أو ظهور الشروخ عند وقوع هذه النوعية من الأحجار تحت تأثير أحمال كبيرة بالإضافة إلى حدوث تقشرات سطحية ثم انفصالها و تساقطها عند وقوع هذه الأحجار تحت تأثير المتغيرات الجوية خاصة في درجات الحرارة و الرطوبة [303] كما يوضحه الشكل رقم (40).



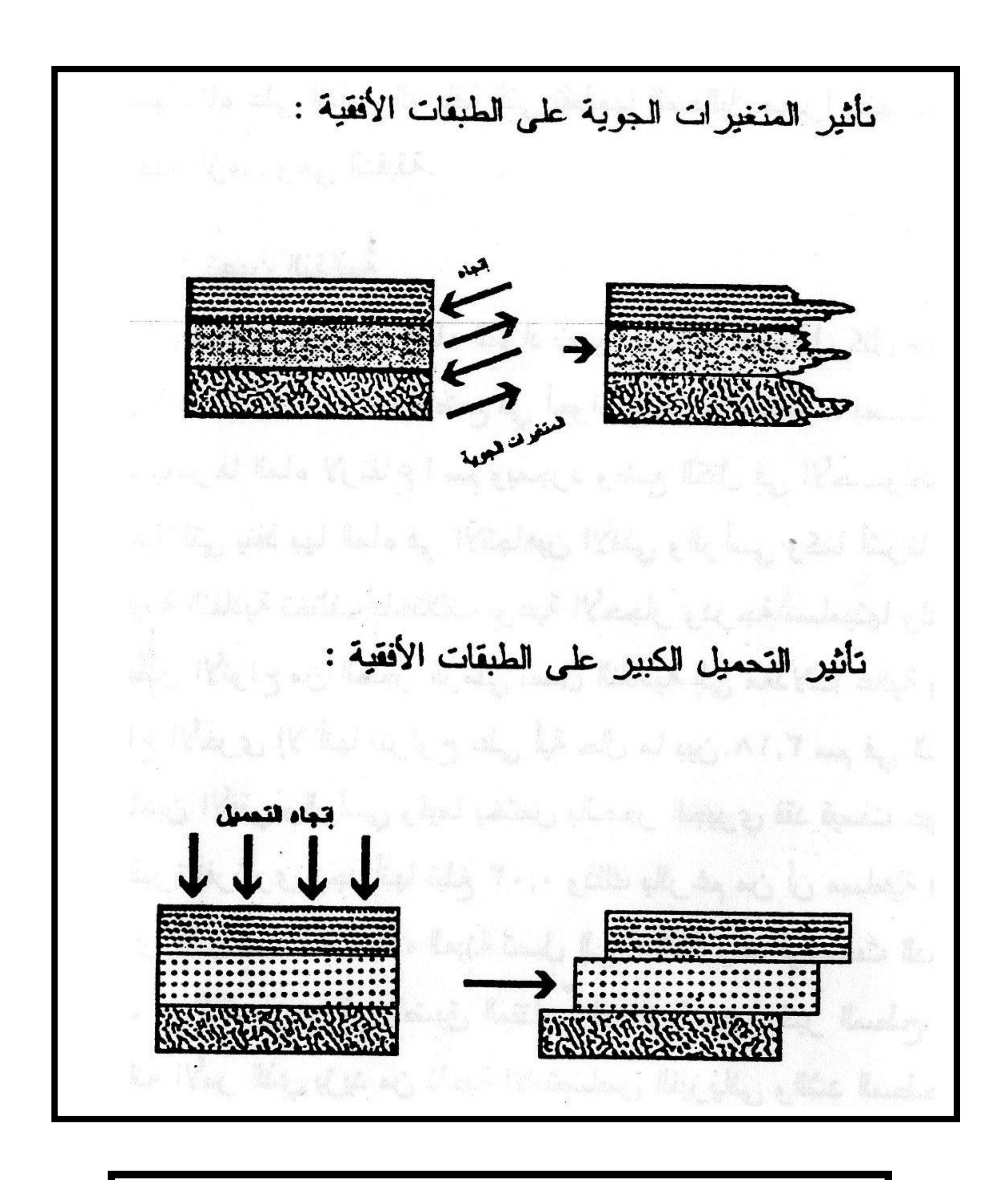
الشكل رقم (40): تأثير التحميل الكبير و المتغيرات الجوية على الطبقات الرأسية

عن: عزت زكي حامد (قادوس)، علم الحفائر و فن المتاحف، ص 194

---

[303] عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف**، مطبعة الحضري، الإسكندرية 2005م، ص192

أما في الحالات التي يكون التركيب فيها أفقيا فإننا نلاحظ حدوث تلف محدود يأخذ شكلا متعرجا عند انفصال الطبقات الأفقية[304]، كما يوضحه الشكل رقم (41).



شكل رقم (41): تأثير المتغيرات الجوية على الطبقات الأفقية

عن: عزت زكي حامد (قادوس)، علم الحفائر و فن المتاحف، ص193

[304] عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف**، مرجع سبق ذكره، ص 193

1-1-7- المواد الرابطة:

لا توجد المواد الرابطة في الصخور النارية و المتحولة تحولا كاملا و لكنه ا تظهر بوضوح في الصخور الرسوبية ، و من الأمثلة الواضحة الدالة على ذلك الحجر الرملي حيث يتكون من حبيبات الكوارتز تربطها ببعض رابطة من كربونات الكالسيوم أو أكاسيد الحديد أو السيليكا غير المتبلورة أو الطفلة، و إن كانت جميع هذه المركبات توجد داخل الحجر بنسب متفاوتة في الحجر الرملي العادي أما إذا زادت نسبتها بدرجة كبيرة سمي الحجر باسمها (الحجر الرملي الحديدي ، الحجر الر ملي الجيري، الحجر الرملي الطيني...إلخ) و تقدير نوعية المواد الرابطة يعتبر أمرا هاما لمعرفة درجة تماسك الحجر و ما إذا كان يحتاج إلى عمليات تقوية عن طر يق إدخال مادة مقوية تربط بين حبيباته المنفصلة عن بعضها نتيجة التلف سواء من المركبات الطبيعية أو الكيميائية الصناعية أو غيرها من طرق العلاج المناسبة.[305]

1 2 الخواص الميكانيكية:

1 2 1 قوة التحمل الميكانيكي:

تعرف هذه الخاصية بأنها مقدرة الأحجار على مقاومة الأحمال أو الضغوط الموجهة قبل أن تتهشم أو تنفرط إلى حبيبات مفككة ، و تقدر بعدد الكيلو غرامات على السنتيمتر المربع، وفي هذا الصدد نجد أن الصخور النارية و بعض الصخور المتحولة تتميز بمقدرة كبيرة على مقاومة هذه الأ حمال و الضغوط الموجهة نظرا لتميزها بالتركيب الحبيبي المتداخل، أما الصخور الرسوبية فنظرا لافتقارها هذه الخاصية فإن قوة تحملها الميكانيكية تصل إلى أدنى قيمة لها خاصة في الصخور الطفلية و الحجر الرملي الخشن و لا يعني هذا أن الصخور الرسوبية غير قادرة على تحمل ضغوط أو أحمال عالية، ولكن على العكس نجد بعض الأنواع من الحجر ذات الحبيبات الدقيقة جدا و القوية

---

[305] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 88، 89

الترابط، و كذلك الحجر الرملي المحتوي على نسب كبيرة من المواد الرابطة الحديدية أو السيليسية تستطيع تحمل ضغوطا موجهة عالية القيمة.

أما بالنسبة لمدى تحمل الأحجار للصدمات و الذبذبات فإن الأحجار تختلف في مدى تحملها في هذه الخاصية، فكلما زادت صلابة و قوة تحمل الأحجار للضغوط الموجهة و الأحمال كلما قلت مقاومتها للصدمات و الذبذبات في حين أن المسام و المواد الرابطة في حالة الصخور الرسوبية تساعد كثيرا على امتصاص الصدمات و من ثم تزيد مدى تحمل الحجر لتأثيراتها.[306]

1 2 2 الصلادة:

تعبر الصلادة عن قدرة المادة على مقاومة الخدش أو القطع أو التآكل بالإحتكاك أو عمل علامة لدنة بها ، و تختلف قيمة هذه الخاصية في الصخور اختلافا كبيرا حيث تتأثر ببعض الخواص الأخرى كالتماسك و الهشاشة و قوة التحمل للإجهادات المختلفة مثل الضغط، ويجب عند إجراء اختبارات الصلادة ملاحظة تغير الصلادة الدقيقة في حالة الصخور، وذلك عند الإنتقال من معدن لآخر من المعادن المكونة للصخور النارية أو المتحولة و كذلك من حبيبات المعدن إلى المواد الرابطة في الصخور الرسوبية لتجنب الخطأ في تقدير هذه القيمة ، و توجد الكثير من الأجهزة العلمية للقياس الكمي الدقيق للصلادة و كذلك لقياسها في المساحات الصغيرة أو في الإتجاهات المختلفة ويعتبر العالم النمساوي موه Moh أول من اقترح مقياسا للصلادة عبارة عن عشرة معادن مختلفة أعطي لكل منها رقما قياسيا كما يوضحه الجدول رقم (26) واستخدمت هذه المعادن كمقياس سمي باسمه.[307]

[306] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص195، 196

[307] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص89

جدول رقم (26): جدول يمثل سلم موه للقساوة

المعادن	تلك	جبس	الكالسيت	الفلوريت	الأباتيت	فلسبار	الكوارتز	التوباز	الكوراندوم	الماس
قيمة الصلادة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1 3 – الخواص الحرارية:

1 3 1 التوصيل الحراري:

بعض الأحجار بصفة عامة تعتبر من المواد غير جيدة للتوصيل الحراري أو بمعنى آخر عاجزة عن التوصيل الحراري بوجه عام ، في حالة الآثار الثابتة و المعرضة لأشعة الشمس المباشرة فإن سطوحها الخارجية تختزن طاقة حرارية كبيرة حسب طبيعة الأحجار المستخدمة في البناء، و على مدار اليوم يكون جزء من حرارة السطح قد تسرب و ببطء إلى الداخل عن طريق الفراغات بين الحبيبات المملوءة بالهواء، في حين يكون قد انقطع المصدر الحراري عن السطح الخارجي و الذي يفقد حرارته باحتكاكه بالهواء البارد و عند انخفاض درجة الحرارة ليلا يكون أبرد من السطح الداخلي ، و نتيجة لذلك تحدث التشققات المختلفة في الحجر.[308]

1 3 2 التمدد الحراري:

و هي من الخواص الهامة للأحجار و التي ترجع إليها عمليات تلف الأحجار وتقشرها وانفصال حبيباتها و طبقاتها نتيجة تعرضها للمصادر الحرارية سواء المصادر الحرارية الطبيعية (أشعة الشمس) أو الصناعية حيث يؤدي تعرض الأحجار لدورات متكررة من الحرارة و البرودة إلى حدوث تمدد للحجر في حالة تعرضه للحرا رة وانكماشه نتيجة تعرضه للبرودة ، وذلك أثناء تعاقب الليل و النهار حيث تؤدي عمليات التمدد والإنكماش إلى تهشم ال معادن خاصة انهيار المناطق الضعيفة الموجودة في الحجر

[308] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 90

كمستويات التشقق و لا تعود الأحجار إلى حجمها الأصلي بعد التبريد و تتراوح الزيادة في الحجم بعد التبريد بين 0,02% إلى 0,45% حيث يختلف معامل التمدد من حجر إلى آخر مما ينتج عنه ضغوط تصل إلى الحد الأقصى لها مع معدن الكوارتز.[309]

1 3 3 مقاومة الحريق:

هي خاصية تعبر عن محافظة المادة على قوتها و متانتها لفترة معينة من الزمن عندما تتعرض للهب مباشر ، و تقاس هذه الخاصية بعدد ساعات الثبات للمادة المعرضة للهب، و تعتبر الأحجار من المواد ذات المقاومة الضعيفة للحريق و يرجع ذلك إلى التحلل أو التكسير الكيميائي الذي يحدث في بنية الحجر كما ينتج عن الفرق بين التمدد الحجمي للحبيبات المعدنية المكونة للحجر مما يسبب إجهادات تؤدي إلى ضغوط كبيرة تنتهي بالتشققات و الإنهيارات التي تحدث لبنية الحجر ، بالإضافة إلى الاسوداد الذي ينتج من ترسب المواد الكربونية أو القطرانية الآتية من التحليل الحراري للخشب أو المواد العضوية أو القطنية داخل المباني، و عملية الاسوداد لا تؤثر مباشرة على الحجر و لكن إزالته تسبب بعض التلف و خصوصا إذا تخللت المواد القطرانية مسام الحجر.[310]

2 الأجهزة العلمية المستخدمة في التحليل و الفحص:

يعد فحص المواد أمرا أساسيا في عمليات الترميم الأثري، و الهدف منه تحديد طبيعة المواد من أجل التوثيق و أغراض المعالجة.

2 1 استخدام الأشعة السينية في التحليل:

عرفت الأشعة السينية للمرة الأولى عام 1895م عندما اكتشفه ا عالم الفيزياء الألماني رونتجن، و الأشعة السينية لا تشبه الضوء العادي فهي غير منظورة و لكنها تسير في خطوط مستقيمة و تتمتع بقدرة نفاذ تفوق الضوء العادي لذا يمكنها اختراق

[309] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص86

[310] نفسه، ص86

الأجسام المعتمة، و تعرف كإشعاع كهرومغناطيسي يماثل طبيعة الأشعة العادية و لكن بطول موجي أقصر و يتخذ الأنجستروم A° وحدة قياس للأشعة السينية و هو يعادل 10^{-8} و يقطع طول موجة الأشعة السينية المستخدمة في عمليات الحيود في حدود 0,5 – 2,5 A° و بذلك تحتل الأشعة السينية المنطقة الواقعة بين أشعة جاما و الأشعة فوق البنفسجية في الجدول الكامل للطيف الكهرومغناطيسي.[311]

أ -التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية:

و تعتمد طريقة حيود الأشعة السينية على أساس غاية في الأهمية:

- الأبعاد العمودية للمسطحات الذرية المتوازية للبناء البلوري للمواد يتراوح بين أجزاء إلى عدد مضاعف و قليل من وحدات الأنجستروم.
- طبقا للنظرية الموجية فإن الأشعة السينية عبارة عن وح دات كهرومغناطيسية ذات طول موجي ينحصر في نفس القيمة بين أجزاء إل ى عدد قليل من وحدات الأنجستروم، و تستخدم لتحليل المواد المتبلورة و في طريقة المسحوق تسجل الأشعة المنعكسة إما على جهاز الديفروكتومتر (diffractomètre) و يكون التسجيل عبارة عن رسم بياني لشدة الإنعكاس، و يسمى تسجيل الإنعكاسات سواء على فيلم حساس أو التسجيل البياني بنمط حيود الأشعة السينية و يتم التعرف على المو اد بالرجوع إلى الجداول القياسية ، أو حاليا من خلال برامج خاصة موضوعة على الكمبيوتر للتعرف على المعادن.[312]

ب -التحليل بطريقة تفلور الأشعة السينية:

يعتمد الأساس العلمي في هذه الطريقة على إثارة ذرات العناصر التي تبعث الأشعة الخاصة و هي تتميز بأطوال موجات محددة و مميزة لذرات العنصر، و لا يشترط

---

[311] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص93

[312] نفسه، ص93، 94

في هذه المادة أن تكون متبلورة أو أي حالة من حالاتها سواء صلبة أو سائلة ، و تستخدم الإلكترونات أو فوتونات الأشعة السينية الساقطة على العينة لإثارة ذرات العينة وانبعاث أشعتها الخاصة ، والجهاز المستخدم في التحليل العنصري يسمى جهاز التحليل الطيفي للأشعة السينية أو جهاز تفلور الأشعة.[313]

2 2 إستخدام المجهر في الفحوص:

أ المجهر المستقطب:

يستخدم للتعرف على المعادن و هو يتكون من الأجزاء الآتية:

- **الحامل:** يتكون من قاعدة فلزية ثقيلة يتصل بها أنبوب المجهر و المسرح الدائر.
- **النظام البصري:** يتكون من مرآة متحركة، عدسات تحت مسرحية مختلفة، عدسة مجمعة، عدسة شيئية عند الطرف الأسفل لأنبوبة المجهر و عدسة عينية عند الطرف الأعلى.
- **أجهزة خاصة بإنتاج الضوء المستقطب :** و هي تتكون من مستقطب و محلل موجود في أنبوبة المجهر فوق العدسة الشيئية، المستقطب مثبت دائما في الطريق العادي للضوء أما المحلل فهو مثبت على وحدة متحركة ، و يوجد في العدسة العينية خيطان متعامدان يعملان كخطي دليل لقياس الخواص الإتجاهية في المعادن، وتختبر المعادن بالضوء العادي و المستقطب لمعرفة أشكالها ومستويات الانفصام لها وكذلك يتعرف عليها من خلال معامل الإنكسار و كذلك من خلال اللون.[314]

[313] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص94

[314] نفسه، ص 94،95

ب -جهاز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح:

يستخدم جهاز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح في فحص عينات الصخور للتعرف على التركيب الداخلي لها عن قرب و معرفة مدى تحطيمه و تلفه بواسطة عوامل التلف المختلفة.[315]

3 - استعمالات الصخور:

لقد تعددت استخدامات الصخور باختلاف العصور و الحضارات بدءا بالصناعات الحجرية في عصور ما قبل التاريخ حيث صنع الإنسان مختلف متطلبات حياته في تلك الفترة من الحجر فصنع أدوات للاستعمال اليومي و كذا الأسلحة كرؤوس السهام التي استخدمها لصيد فرائسه، ثم تطور استخدام الحجر في العصور اللاحقة و شمل العديد من المجالات كالنحت و العمارة و الفسيفساء و غيرها.

3 -1 العمارة:

استعملت الصخور منذ القدم في مجالات التشييد و البناء بأشكالها المختلفة، فقد قام الإنسان بتشييد المباني الضخمة باستعمال الحجارة مع مونة طينية أو جيرية، أو نحت الحجارة و وضع بعضها فوق بعض ، و بالتالي فقد تعددت طرق و كيفية استعمال الحجارة في العمارة و من هذه الإستعمالات نذكر:

أ -تشييد الجدران:

لقد تم استعمال الحجارة كلبنات توضع فوق بعضها البعض باستعمال مونة لملئ الفراغات بينها، و يكون هذا البناء رأسيا للجدران و أفقيا لفرش الأرضيات بمختلف أنواع

[315] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 95

الحجارة، كما استعملت ال حجارة المنحوتة يدويا في بناء الجدران الحاملة و الأسقف والبلاطات.[316]

و لقد سجل التاريخ استخدام مختلف أنواع الحجر في بناء المباني و المعابد القديمة وقصور الملوك و المباني الجنائزية، و غيرها من المرافق الضرورية لحياة الإنسان عبر مختلف الحضارات.

ب -استعمالات في الزينة:

لقد استعملت الحجارة في إظهار زينة البيوت من الداخل و الخارج و خاصة تلبيس الحوائط الخرسانية في وقتنا الحالي، كما استخدمت في زينة الأرضيات كالفسيفساء.[317]

و قد استعمل الرخام على الأخص في تجميل الواجهات كما غلب استخدامه في الأعمدة كالعمود الدوري و الأيوني و الكورنتي خلال الحضارة اليونانية و الرومانية، ومن الأمثلة الرائعة نجد معبد البارثينون في أثينا (433-432 ق.م) و يتبين من هذا المعبد مدى ما وصل إليه الإغريق من القدرة الفنية و وسامة الذوق في تصميم و إنشاء هذه المعابد.[318]

أما في مصر فقد لعب الرخام دو را هاما في تجميل الواجهات و تزيين القصور الفاخرة، إضافة إلى دوره المعماري من خلال استخدامه في الأعمدة و تيجانها، كما استخدم أيضا في الفنون التطبيقية كالمنابر و الأحواض و الفسيفساء الرخامية وغيرها.[319]

[316] المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، **خواص و اختبارات المواد**، المملكة العربية السعودية، دون تاريخ، ص 8

[317] المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، **خواص و اختبارات المواد** ، مرجع سبق ذكره ،ص 8

[318] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 26

[319] نفسه، ص 29

3 2 النحت:

من أهم الحجارة التي استخدمت في هذا المجال نجد الرخام و ذلك لما يتميز به من الشكل الجميل و الرونق الجذاب، و لسهولة نحته و صقله و لما يتميز به لونه الأبيض إذا كان نقيا واتخاذه ألوانا متعددة إذا احتوى على بعض الشوائب.[320]

أما بالنسبة للمراحل الفنية التي اتبعت في فن النحت فقد كان لا بد للفنان الذي يقوم بنحت الحجر أن يكون على دراية واسعة بفن الرسم لأن كل عمل من أعمال النحت الغائر أو النحت البارز أو الكامل كان يقوم على رسم الخطوط الأساسية و ذلك لإرشاد إزميل النحات، و قد وصل الفنانون في نحت التماثيل الكبيرة إلى مهارة فائقة و من مواد صلبة حتى وصلوا إلى أعلى قمة، و قد استعمل الرخام في الفن المصري لصناعة التماثيل بدءا من الأسرة الثامنة عشر و التاسعة عشر و هناك عدة نماذج ترجع إلى تلك الفترة مثل تمثال تحتمس الثالث المنحوت من رخام أبيض و الموجود حاليا بالمتحف المصري و عدد من التماثيل الكبيرة بمعبدي الأقصر و الكرنك.[321]

و في فن النحت اليوناني كان الموضوع الرئيسي هو الجسم البشري بما فيه من نواحي جمالية و ذلك في عمل التماثيل، و أهم موضوعين عولجا في الفن اليوناني هما الأساطير و الحياة اليومية، و لكي نعرف ما تعنيه المناظر المنحوتة يجب الإلمام بالأساطير اليونانية و ما تحكيه عن الآلهة و الأبطال، و كان الغرض من فن النحت في العصر اليوناني دينيا و لا سيما في عصوره الأولى إذ كانت الأعمال الفنية من التماثيل و غيرها تزين المعابد، كما استخدم النحت أيضا في إحياء ذكرى الأحداث الهامة كالإنتصارات في الحروب أو في الألعاب الرياضية ، أما العادات الجنائزية فلقد كان من حق الفرد أن يكون له تمثال و شاهد ينصبان فوق قبره ، كما ظهرت ابتداءا من القرن

[320] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 25

[321] نفسه، ص 26، 27

الخامس قبل الميلاد عادة إقامة التماثيل للشخصيات الهامة بواسطة أقاربهم أو عن طريق الدولة و ذلك في الميادين و الأماكن العامة، و بينما نجد أن التماثيل ال مصرية القديمة بها عمود يسند الظهر كما يغطى الجسم على الأقل بإزار إذ بنا نجد التماثيل اليونانية خالية من هذا العمود و التمثال يظهر عاريا تماما، و قد حاول الفنان اليوناني إظهار التمثال في الشكل الطبيعي و أمكنه بعد إلمامه بتركيب الجسم البشري و تكوينه أن يصور الحركات و الأحاسيس و إظهار الملابس و تقاطيعها مما أدى إلى الإحساس بمعنى الحركة و التوازن.[322]

قد عرف فن النحت في العصور الإسلامية الأولى من الزخارف التي بقيت في القصور والمنازل و المساجد التي أبدع فيها الفنان المسلم، و قد استمرت الأساليب الأموية في النحت عل ى الحجر متبعة في العصر العباسي و من أهم الموضوعات الزخرفية تلك التي توضح نشأة أشكال التوريق، كما أن بعض تيجان الأعمدة زخرفت بأشكال المراوح النخيلية الكاملة أو أنصافها.[323]

3 3 إستعمالات الصخور في الصناعة:

لقد استعملت الصخور بأنواعها و أشكالها المختلفة في الصناعة على نطاق واسع منذ القدم ، و من أبرز استخداماتها نجد:

- صناعة الفخار و الأواني الطينية و الخزفية.
- صناعة الطوب الأحمر بأنواعه.
- صناعة بعض مواد البناء مثل الجص.

---

[322] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 28

[323] نفسه، ص 31

- إلى جانب ذلك ففي وقتنا الحالي تدخل الحجارة في صناعة الإسمنت والخرسانة.[324]
- للصخور الجيرية استعمالات عديدة أهما في صناعة الجير و الذي يتم في درجة حرارة ما بين 700 إلى 900°م داخل أفران خاصة، بحيث نحصل في النهاية على الجير الحي و هذا طبقا للمعادلة الكيميائية التالية:

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{حرق في 700 إلى 900°م}} CaO + CO_2$$

حجر جيري ← جير حي + ثاني أكسيد الكربون

و يعتبر الرخام مصدر غير مناسب لكربونات الكالسيوم، لأن حبيباته الكبيرة تشكل كتل من الجير الحي صعبة الإطفاء.[325]

[324] المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، مرجع سبق ذكره، ص8

[325] Torraca (G), **Matériaux de construction poreux**, ICCROM, Italie, 1986. P 67

الخلاصة:

تشترك الصخور فيما بينها في مجموعة من الخصائص تشمل الخواص الطبيعية للأحجار كالكثافة و المسامية و نسبة الإمتصاص و التركيب الطبقي و المواد الرابطة، والخواص الميكانيكية كالصلادة و قوة التحمل الميكانيكي، و أخيرا الخواص الحرارية التي تتمثل في التوصيل الحراري و التمدد الحراري لمعادن الصخر، إلا أن قيم هذه الخصائص تختلف من صخر لآخر فبينما تتميز الصخور الرسوبية بالمسامية الكبيرة و بالتالي ارتفاع النفاذية نجد أن الصخور النارية ضعيفة أو منعدمة المسامية بحكم الترابط الشديد بين الحبيبات المكونة للصخر و بالتالي ضعيفة النفاذية.

و هذا الإختلاف في الخصائص جعلها تختلف أيضا في ميدان أو مجال استعمالها فقد استخدم الإنسان الحجر منذ فترة ما قبل التاريخ سواء لصناعة أدوات تساعده في حياته اليومية أو لبناء مسكنه لما تتميز به هذه المادة من مقاومة للظرو ف الطبيعية كالأمطار أو الحرارة كما أنه وفر له الحماية من الحيوانات المفترسة، و مع مرور الوقت و تطور الحضارات تعلم الإنسان كيف ينحت الحجر للبناء فبنى القصور والمنازل و المعابد والمساجد عند ظهور الإسلام و اهتم بتزيينها، و يختلف تأثير العوامل الطبيعية حسب طبيعة الصخور و بالتالي إختلاف في نتائج التلف و حالة الحفظ للمعالم الأثرية.

الفصل الثالث :

طرق معالجة الحجر و تقنيات البناء

الفصل الثالث: طرق معالة الصخور و تقنيات البناء

تمهيد

1- التطور التكنولوجي في أدوات و أساليب استخراج الصخور خلال العصور التاريخية

2- أساليب قطع واستخراج الأحجار

3- تشكيل الحجر و نحته للبناء

4- نقل الأحجار

5- تقنيات البناء

6- تقنيات البناء المستعملة في الأضرحة المدروسة

الخلاصة

تمهيد:

بدأ الإنسان في استخراج الأحجار على نطاق واسع لاستعمالها في أغراض البناء بعد أن تمكن من صناعة الأدوات المعدنية و خاصة البرونز الذي يتميز بالصلابة، ويمكن التعرف على الطرق المستعملة في استخراج الأحجار في الفترة القديمة عن طريق الشواهد التي لا تزال موجودة في ا لمحاجر القديمة، و استغل الإنسان الحجر في بناء مساكنه وقبوره بعد أن أعطى له الشكل المناسب و بهذا طور الإنسان وسائل استخراج الحجر ونحتها عبر العصور، ما شكل تقنيات عديدة في البناء اختلفت حسب شكل وحجم الحجر و طريقة وضعه في الجدار.

1- التطور التكنولوجي في أدوات و أساليب الإستخراج خلال العصور التاريخية:

لقد تنوعت المواد و الطرق المستخدمة في عمليات الق طع و الإستخراج و النقش والتسوية و الصقل للأحجار تبعا للتقدم المعرفي و التكنولوجي في المواد و الخامات التي استخدمها الإنسان و من خلال كتابات العلماء و الباحثين في أساليب التحجير والمحاجر التي استخدمت في العصور القديمة، و كذا من خلال الشواهد الأثرية و اللقى و الأعمال النحتية غير الكاملة في المحاجر القديمة و العلامات التي وجدت بها و كذلك التقدم التكنولوجي للإنسان وانتقاله من عصر لآخر تبعا لطبيعة المواد التي اكتشفها واستخدمها مثل المعادن بأنواعها المختلفة كمعدن النحاس و سبائكه (البرونز)، بالإضافة إلى اكتشاف الحديد و سبائكه، و التي دعت المؤرخين إلى تقسيم العصور التاريخية إلى ما يسمى اصطلاحا بالعصور الحجرية و العصر النحاسي و البرونزي و الحديدي تبعا لنوعية الأدوات التي استخدمها الإنسان في شتى نواحي الحياة سواء في السلم أو الحرب و في الحرف والصناعات و منها مواد البناء و أهمها الأحجار بأنواعها المختلفة و التي استخدمها أيضا في الفنون كالنحت ، و لذا فإن التقدم التكنولوجي للإنسان في المواد واكتشاف خامات جديدة تنعكس بالتالي على أوجه التقدم في الحرف و الصناعات و هو ما يعكس التقدم الحضاري للبشر ، و لذا يمكن تقسيم الأساليب التكنولوجية في عمليات استخراج الحجارة اعتمادا على نوعية المواد و الخامات ا لتي عرفها الإنسان واستخدمها إلى:

- أساليب تعتمد على نوعية الأحجار الصلدة.
- أساليب تعتمد على الأدوات النحاسية.
- أساليب تعتمد على الأدوات البرونزية.
- أساليب تعتمد على الأدوات الحديدية.[326]

[326] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، مرجع سبق ذكره، ص 60

1-1-الأساليب التي تعتمد على نوعية الأحجار الصلدة:

و هي تعتمد على معرفة بخصائص الصخ ور و درجات صلادتها و تكوينها وكيفية تأثيرها في بعضها البعض من خلال الخدش و الحز و التسوية و الصقل مع استخدام بعض المواد ا لحكاكة مثل الرمل الخشن و الناعم ، و استخدام هذه الأحجار كأزاميل و أدوات في عمليات القطع و الإستخراج مثل استخدام صخور ا لغرانيت والبازلت والدوليريت و الجابرو...إلخ، و قد استخدمت هذ ه الموا خلال الفترة التي سبقت اكتشاف النحاس و قد استمرت أيضا بجانب الأ دوات النحاسية في عمليات القطع و الإستخراج للأحجار و ذلك لانخفاض صلابة الأدوات النحاسية و ملاءمتها للأح جار اللينة فقط كالحجارة الجيرية، و عدم كفايتها للأحجار الصلدة مثل الغرانيت و الباز لت والكوارتزيت التي استخدمت في صناعة التوابيت و التماثيل و الأواني و اللوحات.[327]

2-1-الأساليب التي تعتمد على الأدوات النحاسية:

لقد استمرت نفس الأساليب المعتمدة أيضا على استخدام الأحجار الصلدة مثل الغرانيت و الجابرو و الدوليريت في عمليات القطع و الاستخراج للأحجار، بالإضافة إلى استخدام الأدوات النحاسية مثل القادوم و الأزاميل و الشاكوش و المناشير ، و قد كانت الحجارة تستخرج بمواصفات تناسب الأغراض التي قطعت من أجلها ، كما أن الشقوق الرأسية تحدد أحجام الكتل السليمة و تساعد على فصلها رأسيا، و عند قطع الكتل الكبيرة من الحجر فإن المسافات التي تترك بين السطوح الرأسية للكتلة و بين الأحجار المجاورة غالبا ما تكون ضيقة لا تتجاوز 10 – 11سم، و يأتي هذا باستخدام رأس شاكوش معدني (نحاس) ذي حافة مدببة مركب على يد خشبية طويلة كما يوضحه الشكل رقم (42) أو باستخدام أسافين نحاسية طويلة ، و إذا ما أريد زحزحة كتلة كبيرة من الحجر الجيري لصناعة أحد التوابيت مثلا فلا بد أن تكون المسافات بين الأسطح الرأسية لهذه

[327] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص55

الكتلة و ما يجاورها لا تقل عن 60 سم لتمكين العمال من النزول بها و تثبيت الروافع، وقد تصل فتحات المغارات التي يقتطع منها الحجر الجيري أكثر من 6 أمتار ارتفاعا، وتمتد بعض المغارات مئات الأمتار تحت الجبل ، و تترك في الداخل أعمدة من الحجر غالبا ما تكون مربعة الأركان و بحجم مناسب و بتقارب بين بعضها البعض بما يكفي لحمل السقف و منعه من الإنهيار.[328]



الشكل رقم (42): مخطط يمثل طريقة قطع الأحجار
dans: Adam (J.P), p 29

1 3 الأساليب التي تعتمد على الأدوات البرونزية:

لم يعد الحجر الجيري في المقام الأول بين الأحجار المستخدمة في البناء ، بل بدأ الإهتمام بمحاجر الحجر الرملي و بهذا تطورت تكنولوجيا اقتطاعه باستخدام الأدوات المصنوعة من البرونز.[329]

[328]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص55، 56

[329]نفسه، ص56

1 4 الأساليب التي تعتمد على الأدوات الحديدية:

مع اكتشاف الحديد في الألفية الأولى قبل الميلاد بدأ إدخال الحديد في صناعة الأدوات المستعملة في عمليات قطع و استخراج الأحجار، و هذا في نهاية العصر الفرعوني والعصور التالية من العصر اليوناني و الروماني و العصور الإسلامية و ذلك مع عمليات التحديث و التقدم التكنولوجي في المواد و الطرق.[330]

2 - طرق قطع و استخراج الأحجار:

يعتبر القدماء المصريون و الرومان و الصينيون من أوائل الذين عرفوا الأحجار الصلدة و اللينة و قاموا باستخدامها في الفنون و العمارة منذ عصور قديمة جدا لدرجة أن أطلق عليها المؤرخون اسم العصور الحجرية، و ذلك لكثرة استخدام الإنسان أدواته من الأحجار و بينت لنا الإكتشافات الأثرية سواء في الكهوف و المآوي الصخرية التي عاش فيها الإنسان منذ آلاف السنين طبيعة هذه الأدوات التي كان أغلبها مكونة من صخور نارية، و تختلف طرق فصل و تقطيع الأحجار باختلاف أنواعها و صلابتها والظروف الجيولوجية المحيطة بها، كما تلعب الخواص الميكانيكية دورا هاما في اختيار الطرق والأدوات و المعدات المناسبة للقطع في المحجر و طرق النشر و التلميع، و كذلك في اختيار المجال الذي سوف تستخدم فيه الأحجار مثل الأرضيات أو الجدران أو النحت أو التشكيل.[331]

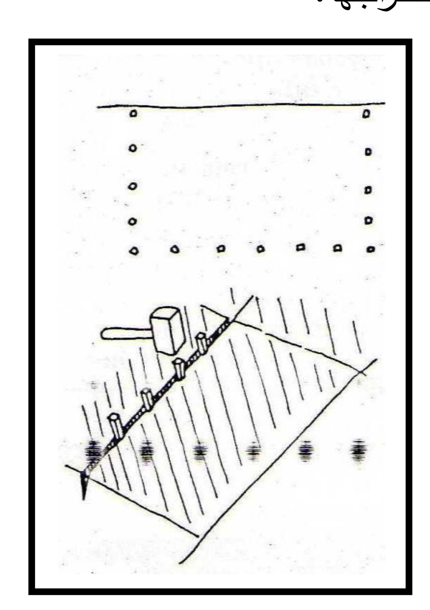
إن استعمال الحجارة كمادة للبناء بدأ عن طريق الجمع ، بحيث استغل الإنسان الحجارة التي يجدها عل السطح و التي انقسمت من الصخرة الأصلية بفعل عوامل الجو المختلفة و النباتات، و قد كانت هذه الحجارة مختلفة في المقاسات ، إلا أنه استطاع أن يشيد بها مساكنه، و بالموازات إلى هذا الجمع الذي لا يزال يستعمل في بعض الأحيان

[330] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص59

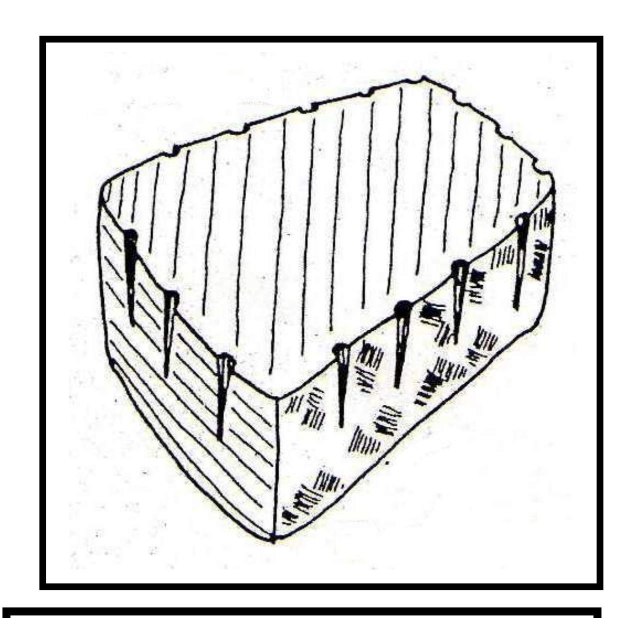
[331] نفسه، ص53، 54

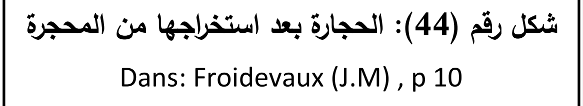
إلى يومنا هذا، فقد اهتدى الإنسان إلى أهمية استخراج الصخور من الأرض بحيث يمكنه التحكم في شكلها حسب متطلباته.[332]

و لاستخراج الحجارة من المحاجر يجب أولا إزالة الطبقة السطحية و التي تكون عادة عبارة عن تراب ، و بهذا يمكن رؤية الكتلة ا لصخرية و تبدأ عملية قلع الحجارة ، ولغرض فصل كتل الحجارة التي يتم نحتها فيما بعد و نقلها يتم الإعتماد على الشقوق المتواجدة أصلا في الصخر ، بحيث يتم إدخال مناقير حديدية في الشق ، إلا أنه لا يعتمد غالبا على هذه الشقوق بل يتم إحداث شق جديد باستعمال المناقير كما هو موضح في الشكل رقم (43) إذ أنه على الحجر الذي يتم استخراجه أن تكون مقاساته قريبة من مقاسات الحجر ا لمراد الحصول علية كما يوضحه الشكل رقم (44)، وهذه الطريقة تمكننا من الإقتصاد في المادة الأولية وكذا اختصار الوقت عند نحت الحجارة بعد استخراجها.[333]



شكل رقم (43) : قلع الحجارة
Dans: Froidevaux (J.M), P 10





شكل رقم (44): الحجارة بعد استخراجها من المحجرة
Dans: Froidevaux (J.M) , p 10

[332] Rockwell (P), " Aspect techniques de la taille de la pierre», dans : **la dégradation et la conservation de la pierre** , texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre , publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985, p 45

[333] Adam (J.P), **La construction romaine : matériaux et techniques**, troisième édition, Paris, 1995, p 23-25

كما يجب عدم استعمال المتفجرات لاستخراج الحجارة في المحاجر، فهذا يغير من طبيعة الحجر، و يسبب نقص في مقاومته.[334]

بعد قلع الحجارة يتم إعطاؤها الشكل النهائي و هذا بتسوية سطحها باستعمال أدوات متعددة ومختلفة الشكل و الحجم، نذكر منها الأزاميل سوا ء ذات الرؤوس المسننة أو المدببة، بالإضافة إلى المطارق و المناقير.[335]

2 1 طرق استخراخ الأحجار اللينة:

أ طريقة المحاجر المكشوفة:

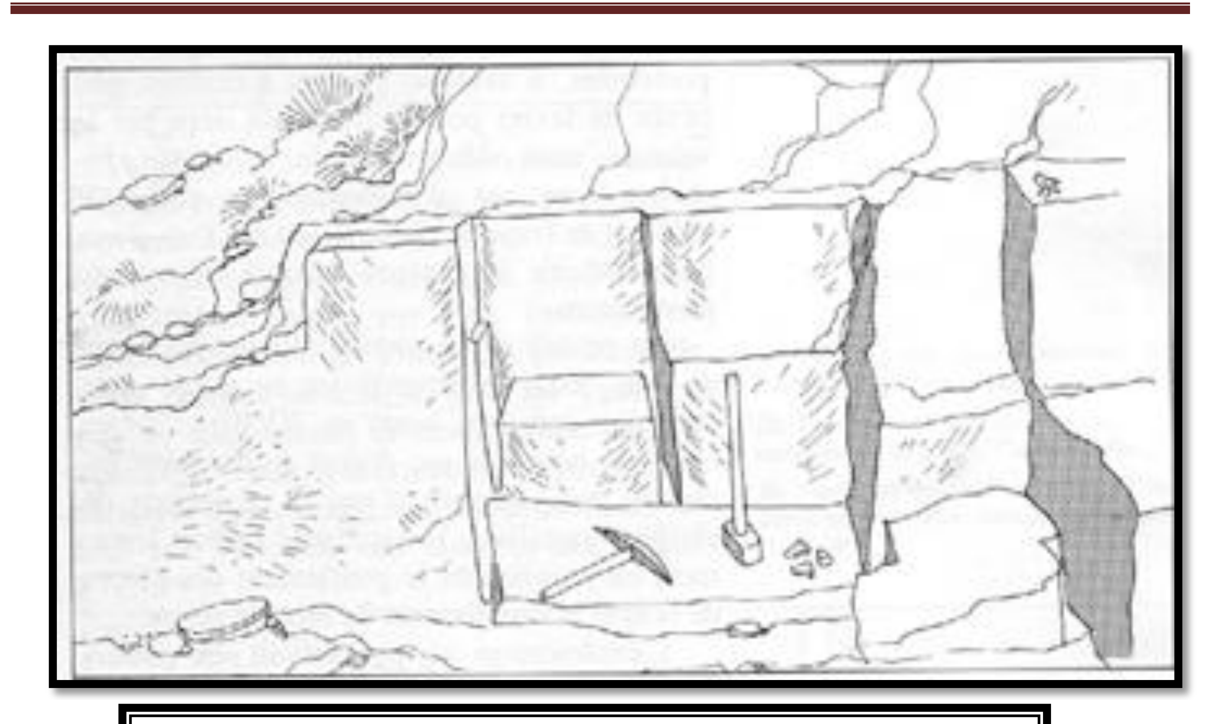
و تتم هذه الطريقة بإزالة القشرة الهشة من الواجهة الصخرية المكشوفة للصخر ثم يتم اقتطاع الأوجه العمودية كما يوضحه الشكل رقم (45)، و كان إخلاء الوجه الأسفل يتم بدق مجموعة من الأسافين الخشبية[336]، و كانت الأدوات المستخدمة في هذه العملية هي الإزميل الحجري ثم الإزميل المعدني (نحاس، برونز و حديد حسب فترات اكتشاف هذه المعادن) ومدقات الخشب ومطارق الحجر، وكان الحجر يرفع طبقة فطبقة من السطح إلى أسفل.[337]

[334] Froidevaux (J.M), **Techniques de l'architecture ancienne: construction et restauration,** Pierre Margada éditeur, Paris, 1985, p 11.

[335] Adam (J.P), op.cit , p35

[336] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص59

[337] عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية** ، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، دون تاريخ، ص54



الشكل رقم (45): المحاجر المكشوفة

dans: Adam (J.P), p 25

ب -طريقة المحاجر تحت الأرضية:

فيها يتم إعداد الواجهة الأمامية للكتلة المراد قطعها و تحديد طولها و عرضها و يتم إخلاء الجانبين الرأسيين بتفريغ أخدود عرضه لا يقل عن 10سم و يمتد في العمق الرأسي و العمق الأفقي حسب الأبعاد المطلوبة، ثم يتم إخلاء الجانب الأعلى للكتلة بعمل حجرة ارتفاعها متر و هي المسافة التي تسمح بدخول عامل ليقوم بتفريغ الجانب الرأسي الخلفي للكتلة بأخدود عرضه لا يقل عن 10 سم، و بعد إخلاء الجوانب الخمسة للكتلة (الجانبين الرأسيين و الواجهة و الجانب العلوي الأفقي و الجانب الرأسي الخلفي) يتبقى الجانب السفلي الذي يتم إخلاءه بدق مجموعة من الأسافين الخشبية المتتابعة التي تقوم بإخلاء الكتلة من جانبها السفلي و ترفعها بالقدر الذي يسمح بوثقها بالحبال لإخراجها من المحجر.[338]

---

[338] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص59

2 2 طرق استخراج الأحجار الصلدة:

بعد أن تمكن الإنسان من استخراج الأحجار اللينة كالحجر الجيري و الحجر الرملي اتجه إلى استخراج الأحجار الصلدة كالغرانيت و الكوارتزيت و التي استعملت بدورها لصناعة الأواني الحجرية و التماثيل و كذا في العمارة.[339]

أ -طريقة القطع باستخدام الحفر و الطحن:

تعتمد هذه الطريقة على الحفر باستخدام آلة الحفر الحجرية و موسعات الثقوب و تعتمد أيضا على عمليات الدق و الطحن باستخدام المطارق الحجرية و الكرات الحجرية المصنوعة من الغرانيت و الدولورايت.[340]

ب -طريقة القطع باستخدام الأسافين:

تدعى طريقة الأسافين و قد استخدمت هذه الطريقة قبل العصر الروماني ، و تتمثل في عمل أسافين يدوية في العديد من أنواع الصخور المختلفة كطريقة جيدة من طرق الإستخراج و التي مازالت تستخدم في بعض المحاجر.[341]

3 - تشكيل الحجر و نحته للبناء:

لقد استعمل الرومان أساسا لنحت الحجارة، أدوات عديدة من بينها : الأزاميل ، المناقير، المطارق ، المناشير و غيرها من الأدوات التي استعملت عبر مختلف العصور[342] و الشكل رقم (46) يمثل رسومات تخطيطية لبعض هذه الأدوات.

وقد كانت هذه الأدوات في البداية بسيطة فقد استعملت الحجارة الطبيعية كمطارق يتم إمساكها بالأيدي دون أن تحتوي على مقابض ، وبعدها استعملت المطارق المعدنية إما

---

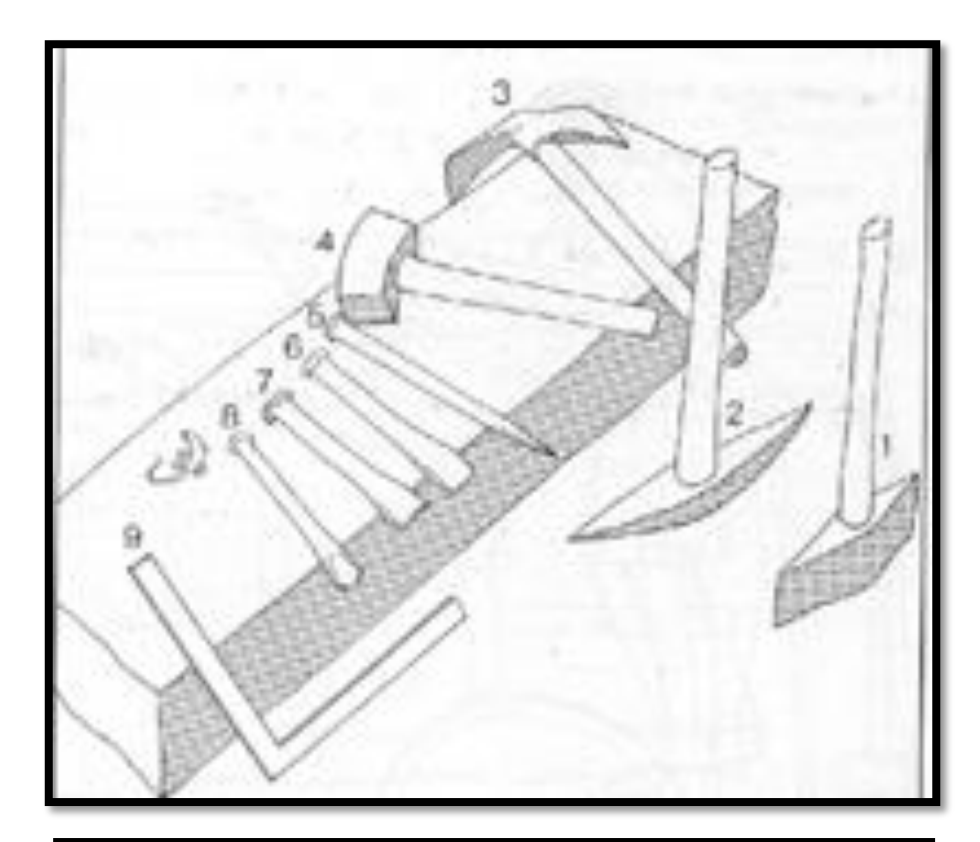
[339] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص55

[340] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص60

[341] نفسه، ص60

[342] Lezine (A), **Note sur la consolidation des monuments historiques de Tunisie**, imprimerie officielle de la Tunisie, Tunis, 1953, p.11

من الفولاذ أو الحديد و هي ذات مقابض من الخشب ، وتكون هذه المطارق إما مربعة الشكل أو مستطيلة كما يمكن أن تكون مستديرة.[343]



الشكل رقم (46) : رسومات تخطيطية لأدوات نحت الحجر
dans: Adam (J.P), p 34

هيأت لنا العلامات التي احتفظت بها بعض التماثيل الغير تامة الصنع و التي خلفتها الأدوات التي استعملت في تشكيلها ، و كذلك النقوش الجدارية التي حليت بها جدران بعض المقابر و التي مثلت بعض عمليات تشكيل الحجر ، إمكانية استنباط الطريقة التي كانت تستخدم قديما في عمليات التشكيل ، و حسب الباحثين في هذا المجال فإن أهم الطرق التي اتبعها القدماء في تشكيل الأحجار هي:

- الدق بحجر ، و يستدل على هذه الطريقة من الرسوم الجدارية في مقبرة الأسرة الخامسة بسقارة.

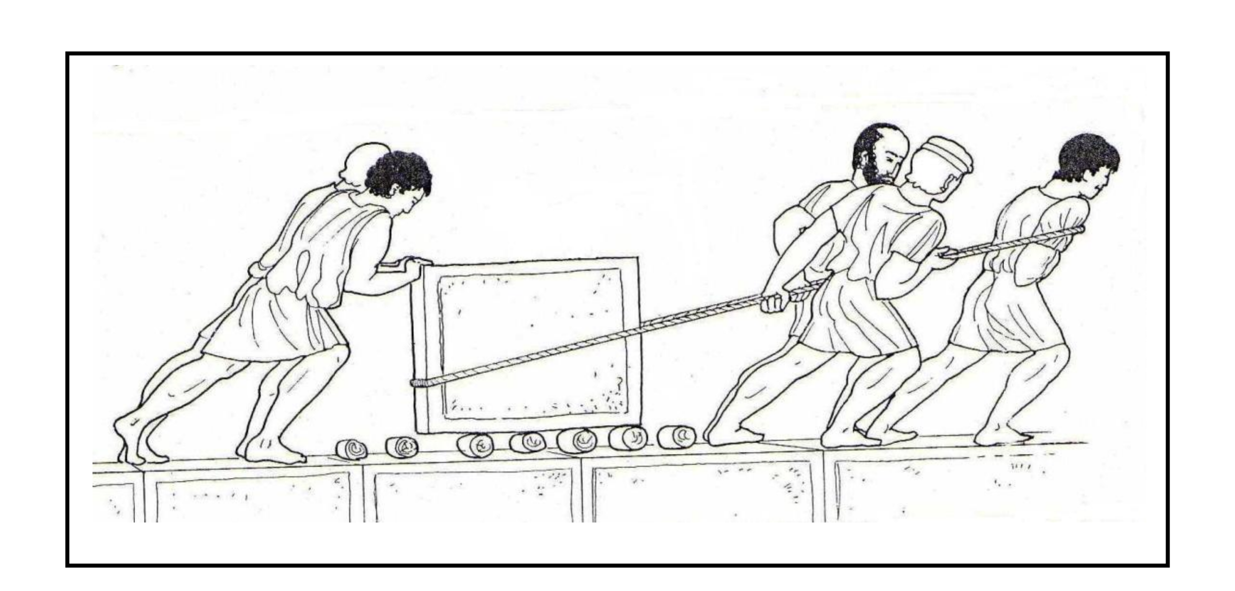
---

[343] Adam (J.P), op.cit, p 44,45

- الحك بأحجار يقبض عليها باليد، و ربما كان ذلك مصحوبا باستعمال مسحوق حكاك.
- القطع بمنشار من نحاس مع استعمال مسحوق حكاك.
- الثقب بمثقاب أنبوبي و مسحوق حكاك، و المثقاب الأنبوبي عبارة عن أنبوبة مجوفة من النحاس تدار إما ببرمها بين اليدين أو باستعمال قوس، و كان المثقاب الأنبوبي يستخدم أيضا في تجويف الأواني الحجرية
- الثقب بسن من النحاس أو الحجر مع استعمال مسحوق حكاك.[344]

4 - نقل الحجارة من المحاجر إلى أماكن البناء:

لما يصير الحجر جاهز للبناء، تأتي مرحلة نقله من المحجرة إلى موقع البناء ، وهناك طرق عديدة تتم بها عملية النقل، عادة ما يتم وضع الحجر على أعمدة خشبية، ويقوم الأشخاص بجر الحجر فوقها[345] كما يوضحه الشكل رقم(47).



الشكل رقم (47): عملية نقل الحجر

dans: Adam (J.P), p 45

---

[344] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 56، 57

[345] Adam (J.P), op.cit, p 52

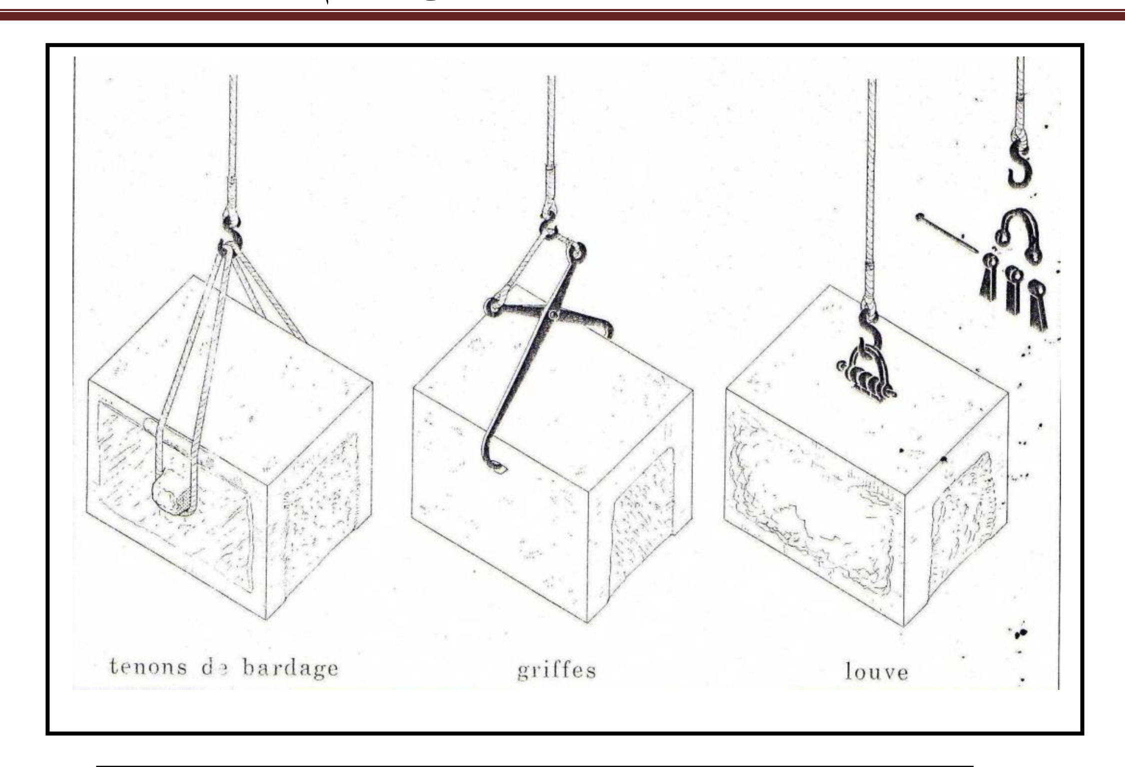
كما اكتشف الإنسان في الفترة القديمة طرقا أخرى لنقل الحجر إلى موقع البناء حيث هيأ طرق منحدرة خاصة لذلك الغرض، حيث يوضع الحجر فوق عربات من الخشب و تجر بالحبال كما يوضحه الشكل رقم (48).



الشكل رقم (48) : عملية نقل الحجر بالحبال
dans: Adam (J.P), p 30

أما لرفع الحجر أثن اء بناء الجدران فتستعمل الرافعة ، بحيث يتم إمساك الحجارة بعدة طرق منها استعمال ملقط خاص أين يتم إدخال فكي الملقط داخل ثقوب مجهزة من قبل لهذا الغرض على جانبي الحجر و تكونان متوازيتان و أثناء الرفع يقوم الملقط بشد الحجر جيدا ، كما يمكن ترك جزء من الحجارة على جانبي الحجر أثناء النحت ليتم ربط الحبل فيه عند الرفع[346] و هذه الطرق و أخرى ممثلة في الشكل رقم (49).

[346] Adam (J.P), op.cit , p 52



الشكل رقم (49): الطرق المختلفة لرفع الأحجار
Dans: Adam (J.P), p 52

5 تقنيات البناء:

لقد تعددت التقنيات المس   تعملة في البناء منذ القديم، و تعتبر دراسة هذا الجانب جد ضروري خاصة أثناء عملية الترميم قصد إعادة الوجه الأصلي للمعلم الأثري ، وأهم هذه التقنيات هي:

5 1 ترتيب الحجارة الكبيرة:

تعتمد هذه الطرق على حجارة كبيرة الحجم و أهم التقنيات التي استعملت فيها نجد:

5-1-1- Opus siliceum:

يمكن   اعتبار هذه التقنية كنقطة انطلاق لمختلف تقنيات البناء الأخرى يتم التعرف على هذه التقنية بملاحظة طريقة نحت الحجارة، بحيث تمتاز جدرانها باستعمال حجارة

كبيرة، ذات أحجام و أشكال مختلفة، و هي موضوعة بشكل غير منتظم [347]، كما توضحه الصورة رقم (23).



صورة رقم (23): Opus siliceum
Dans : Adam (J.P), p 113

5-1-2- تقنية النظام الكبير Opus quadratum:

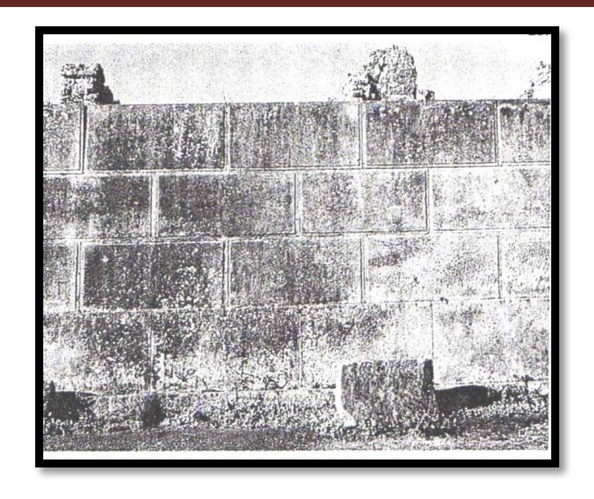
تستعمل في هذه التقنية حجارة كب يرة و توضع على شكل مداميك أفقية ، وقد استعملت هذه التقنية كثير ا خلال القرن الرابع قبل الميلاد، و تأخذ الحجارة كل سمك الجدار، أي أن لها واجهتين ظاهرتين نحو الخارج، و قد كانت هذه التقنية في البداية غير متقنة ، بحيث استعملت حجارة مستطيلة الشكل و كبيرة ، ذات فواصل منحرفة ومقوسة الخطوط في الكثير من الأحيان كما توضحه الصورة رقم (24)، و بمرور الوقت تطورت هذه التقنية ، بحيث صارت الواجهات مبنية بشكل متناسق ، لها فواصل بارزة ذات نقش رفيع للتأطير و لا تكون عميقة ، وهذه الطريقة مبينة في ال صورة رقم (25) وفي نفس الفترة استعملت طريقة رسم الفواصل الكاذبة و الدقيقة على الحجارة بحيث يكون لها بعد متساوي حتى يعطي للواجهة تناسق أكبر.[348]

347 Adam (J.P), op.cit, p 114
348 Adam (J.P), op.cit, p120-122



صورة رقم (24): Opus quadratum بفواصل منحرفة

Dans : Adam (J.P), p 117



صورة رقم (25): Opus quadratum بفواصل بارزة و مؤطرة

Dans : Adam (J.P), p 121

5 2 ترتيب الحجارة الكبيرة و الصغيرة معا:

يمكن اعتبار هذه المرحلة كمرحلة انتقالية من استعمال الحجارة الكبيرة إلى استعمال الحجارة الصغيرة، و في هذه المرحلة قد نجد تقنيات أدمجت فيها الحجارة الكبيرة و الصغيرة معا، و تتمثل هذه التقنيات في:

5-2-1- التقنية الإفريقية Opus africanum:

ظهرت هذه التقنية با لتوازي مع ترتيب الحجارة الكبيرة ، و قد سميت بهذا الاسم نظرا للكثرة انتشارها في الشمال الإفريقي، و من ثم نقلها القرطاجيون إلى صقلية وإيطاليا تتميز هذه التقنية بتعاقب عناصر عم ودية موصولة ببناء من الدبش ما يعطي ترابط وصلابة للبناء[349]، كما توضحه الصورة رقم (26).

[349] Adam (J.P), op.cit, p127



صورة رقم (26): **Opus africanum**
Dans : Adam (J.P), p 130

5-2-2- Appareil en damier:

يتم بناء الجدران بهذه الطريقة باستعمال حجارة كبيرة توضع فوق بعضها البعض بحيث يتم ترك فراغ بين كل حجرين في المدماك الواحد، و هذا الفراغ يملأ بحشو من الدبش مع الملاط كما توضحه الصورة رقم (27)، و قد انتشرت هذه التقنية في حدود القرن الثالث و بداية القرن الثاني قبل الميلاد، و تكمن أهمية هذه الطريقة في الإقتصاد في مادة البناء و تحضيرها و بالتالي ربح الوقت بحيث يتم تحضير الحجارة الكبيرة فقط وتستغل الأجزاء الصغيرة الناتجة عن النحت كدبش لملئ الفراغات بين الحجارة.[350]

[350] Adam (J.P), op.cit, p129



صورة رقم (27): **Appareil en damier**
Dans : Adam (J.P), p 129

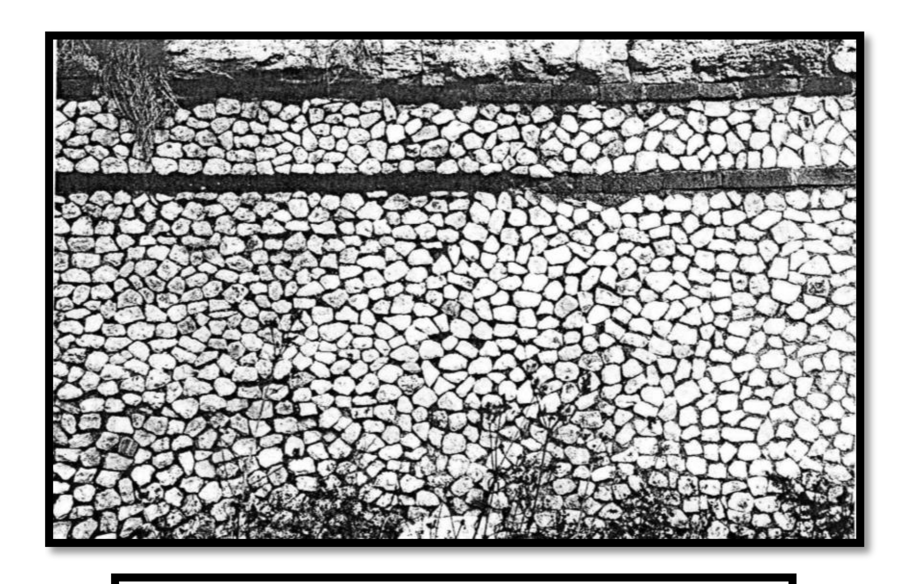
5 3 ترتيب الحجارة الصغيرة:

يستعمل في هذا الترتيب قطع حجرية بأحجام صغيرة ملتحمة فيما بينها، مشكلة بذلك كتلة واحدة متجانسة و متماسكة، و هناك عدة تقنيات في هذا الترتيب أهمها:

5-3-1- Opus incertum:

يستعمل في هذا الترتيب دبش بأشكال مختلفة كما هو موضح في الصورة رقم (28)، و قد بدأ استعمال هذه التقنية خلال القرن III ق.م.[351]

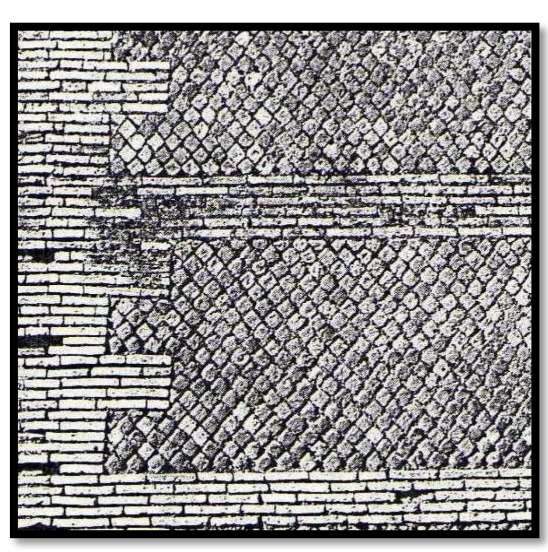
[351] Adam (J.P), op.cit, p127



صورة رقم (28): Opus incertum
Dans : Adam (J.P) , p 140

5-3-2- التقنية الشبكية Opus réticulatum:

إستعملت هذه التقنية خلال القرن II ق.م، و في البداية كانت تسمى بالترتيب شبه الشبكي(opus quasi réticulatum) لكن سرعان ما تطورت لتصير أكثر إتقانا بحيث سميت بالترتيب الشبكي ، و تتميز الواجهات في هذا الترتيب باستعمال حجارة صغيرة ذات شكل مربع موضو عة بشكل مائل تبعا لخط ميل 45°، أما الحواف فيتم إنجازها باستعمال الآجر[352] ، و هذه التقنية موضحة في الصورة رقم (29).

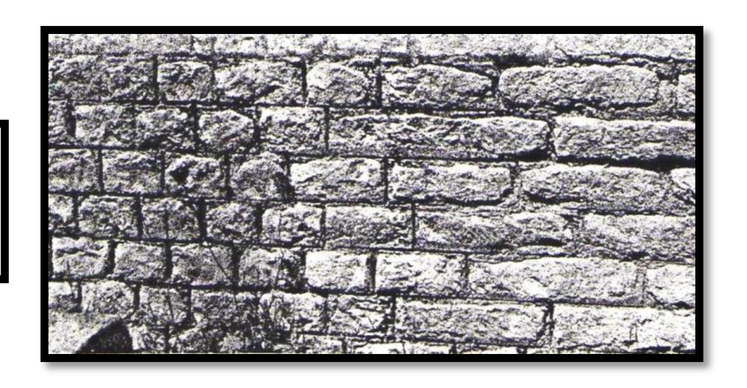


صورة رقم (29): Opus réticulatum
Dans : Adam (J.P), p 146

352 Adam (J.P), op.cit, p 143, 144

5-3-3- تقنية النظام الصغير :Opus vitatum

يستعمل في هذا الترتيب حجارة صغيرة مستطيلة الشكل، و توضع على شكل مداميك أفقية[353] ، كما توضحه الصورة رقم (30).



صورة رقم (30): Opus vitatum
Dans : Adam (J.P), p 150

5-3-4- Opus mixtum:

من خلال التسمية يتضح أنه يستعمل في هذا الترتيب أنواع عديدة من طرق البناء في آن واحد ، أين نجد مزيج من الدبش و الآجر ، بحيث تنجز الحواف عن طريق سلاسل عمودية من الآجر موضوعة أفقيا بانتظام بشكل يشبه أسنان المنشار.[354]

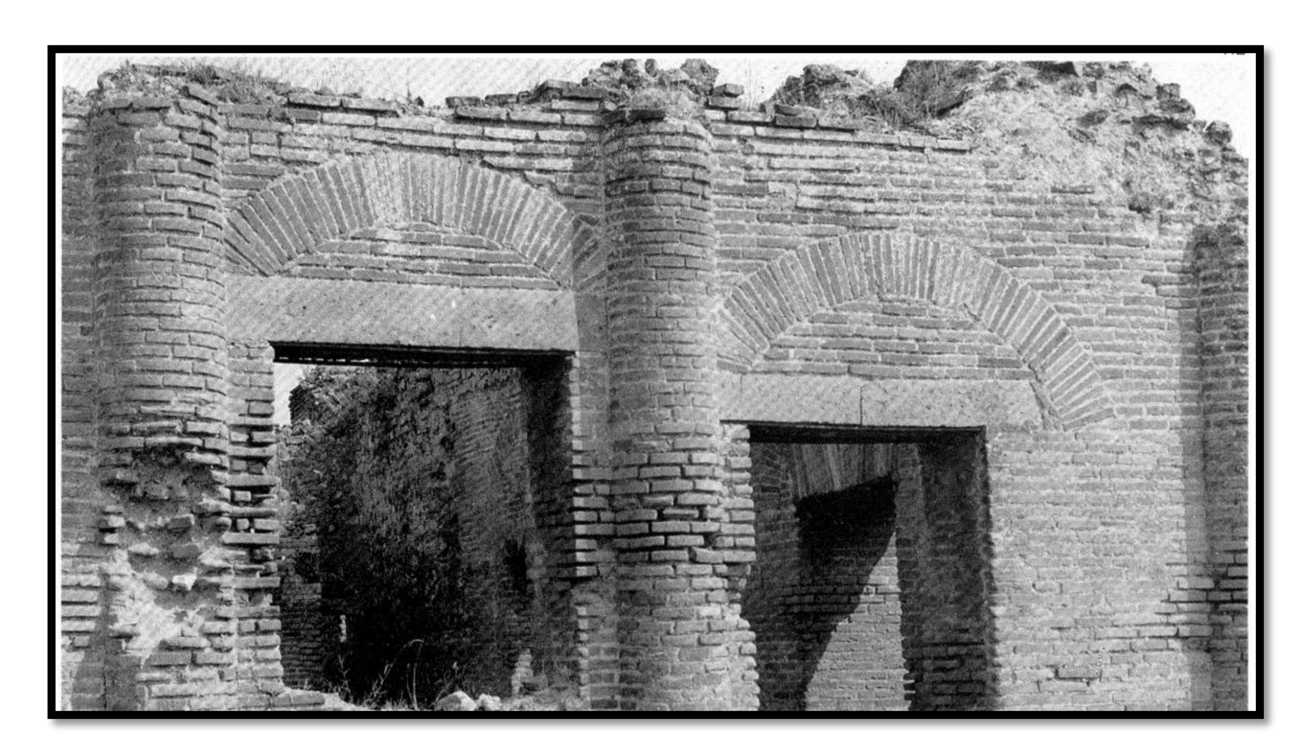
5-3-5- Opus spicatum:

تتمثل هذه التقنية في ترتيب الحجارة الحاد، و تسمى أيضا بترتيب الحجارة ذات الزوايا البارزة ، يتم وضع الحجارة بشكل مائل وفق خط ميل 45 °، كما توضع هذه الحجارة بشكل متتالي بحيث يكون اتجاه المدماك العلوي عكس المدماك الذي يكون أسفله.[355]

353 Adam (J.P), op.cit, p144-147
354 Idem, p 151
355 Ibidem, p 156

5-3-6- التقنية القائمة على الآجر Opus testaceum:

يعتمد في هذه الت قنية على الآجر منفردا في البناء، سواء في الجدران أو الأعمدة، و يكون محدد القياسات ، إما بشكل رباعي أو مثلث [356]، و هذه التقنية موضحة في الصورة رقم (31).



صورة رقم (31): Opus testaceum
Dans : Adam (J.P), p 157

6 - تقنية بناء الأضرحة المدروسة:

6 1 تقنية بناء الضريح الملكي الموريطاني:

من خلال دراستنا لمختلف تق نيات البناء المستعملة في القديم ، نستنتج أن التقنية المستعملة لبناء الجدار الخارجي ل لضريح الملكي الموريطاني هي: " Opus quadratum" والمتمثلة في استعمال حجارة مصقولة كبيرة الحجم موضوعة على شكل

356 Adam (J.P), op.cit, p159

مداميك أفقية كما توضحه الصورة رقم (32)، و ترتبط هذه الحجارة مع بعضها البعض بواسطة مشابك من الرصاص.



الصورة رقم (32) : تقنية بناء الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة

6 2 تقنية بناء ضريح الخروب:

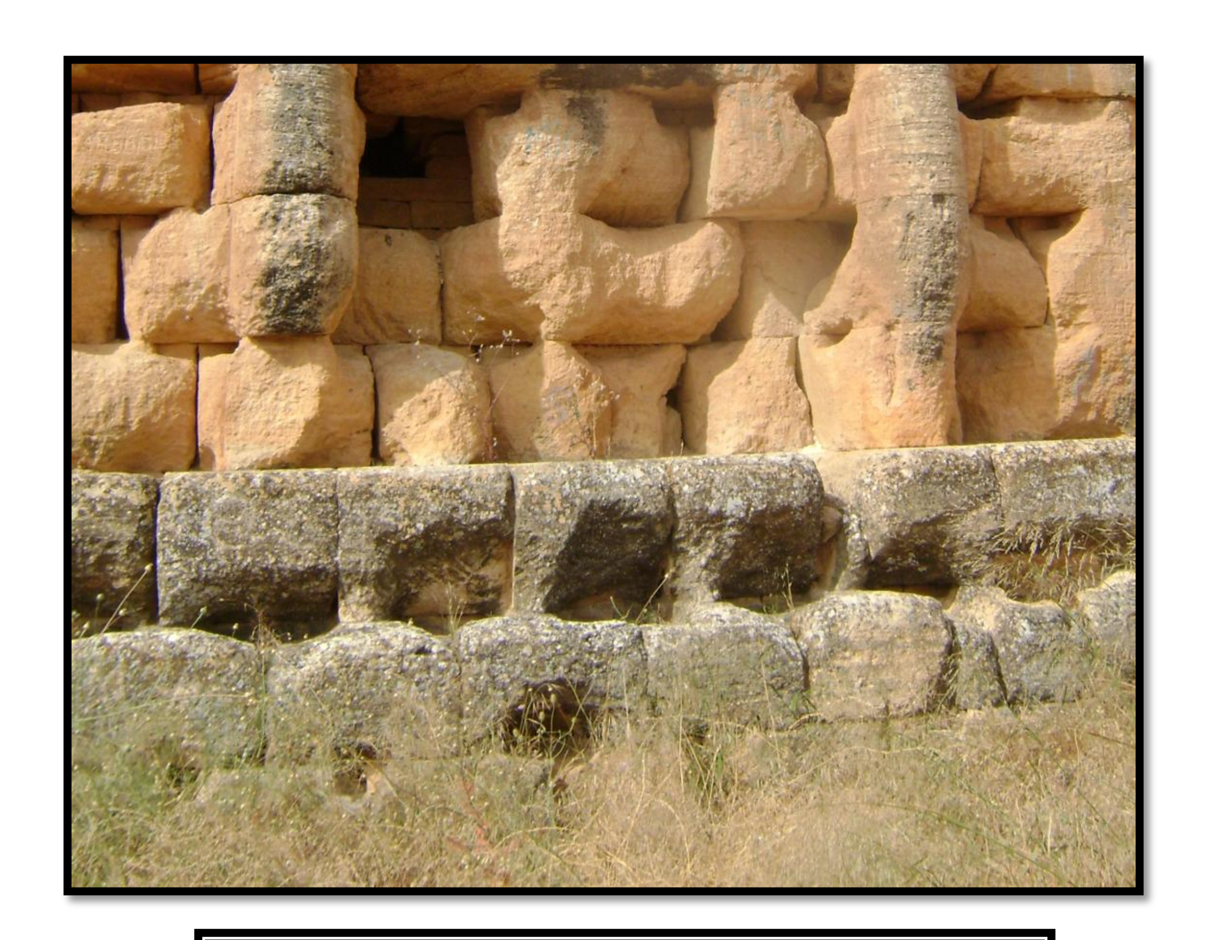
في هذا الضريح استعملت الحجارة الكبيرة المصقولة موضوعة على شكل مداميك أفقية بتقنية"Opus quadratum"، كما توضحه الصورة رقم (33).



الصورة رقم (33): تقنية بناء ضريح الخروب
عن الطالبة

6-3- تقنية بناء ضريح المدغاسن:

لقد استعمل في بناء ضريح المدغاسن حجارة كبيرة مصقولة موضوعة على شكل مداميك أفقية دون ملاط بتقنية"Opus quadratum"، كما توضحه الصورة رقم (34)، وكانت هذه الحجارة مرتبطة ببعضها البعض بمشابك من الرصاص.



الصورة رقم (34): تقنية بناء ضريح المدغاسن

عن الطالبة

الخلاصة:

يمر الحجر بعدة مراحل منذ استخراجه من المحاجر إلى غاية استعماله للبناء، والمرحلة الأولى هي عملية الإستخراج و التي بدأت بطرق بدائية سرعان ما تطورت مع اكتشاف المعادن و بالتالي استغلاله في صنع أدوات القطع و كذا النحت للحصول على الشكل أو الزخارف المناسبة حسب موقع الحجر في المبنى، و بعد استخراج الحجر ينقل إلى ورشات البناء لإعطائه الشكل المناسب و من ثم يرص بتتابع في الجدران، و قد ظهرت تقنيات عديدة للبناء تميزت بعضها باستعمال حجارة ذات مقاسات موحدة، وتقنيات أخرى اختلف فيها شكل و حجم الحجر دون أن ننسى استعمال الآجر كتقنية خاصة في بناء الحمامات أو في الأقواس و الزوايا، و قد استعمل في كل من الضريح الملكي الموريطاني و ضريح الخروب وإمدغاسن نفس تقنية البناء وهي "Opus quadratum"، حيث استعملت حجارة كلسية كبيرة الحجم و ذات قساوة مختلفة.

الخاتمة:

يعد الحجر من أهم مواد البناء الأساسية التي استعملها الإنسان منذ القدم لبناء مساكنه و قبوره نظرا لتحمله الجيد للتغيرات المناخية و الظروف الطبيعية القاسية، وينقسم الحجر إلى ثلاثة أنواع رئيسة تختلف فيما بينها من ناحية المنشأ و الخصائص و هذه الأنواع هي:

- الصخور النارية: تنشأ بتبرد و تصلب الماجما داخل القشرة الأرضية أو على السطح و تنقسم بدورها إلى عدة أنواع و هي : الصخور النارية الجوفية، الصخور النارية المتداخلة و الصخور النارية السطحية.

- الصخور الرسوبية : تتواجد عادة على السطح و تنشأ من تفتيت و تحطم صخور أخرى موجودة من قبل ثم ينقل ذلك الفتات الصلب بواسطة عوامل النقل المختلفة إلى بيئة الترسيب و تتحول هذه الرواسب إلى صخور بعد تحجرها، و هناك ثلاثة أنواع من الصخور الرسوبية هي الصخور الرسوبية الفتاتية، الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة و الصخور الرسوبية العضوية المنشأة، و من أهم الصخور الرسوبية نجد الحجر الجيري.

- الصخور المتحولة : تنشأ الصخور المتحولة من تحول الصخور النارية والرسوبية و المتحولة تحت تأثير الحرارة و الضغط و المحاليل الكيميائية النشطة، وتنقسم الصخور المتحولة إلى ثلاثة أنواع هي : الصخور المتحولة بالحرارة، الصخور المتحولة بالضغط و الصخور المتحولة بالضغط و الحرارة معا.

و لكل هذه الأنواع المذكورة عدة خصائص قد تشترك في بعضها و تختلف في البعض الآخر كالمسامية، النفاذية و الصلابة و التركيب الكيميائي و غيرها، و لقد تعددت مجالات استعمال الصخور كالنحت و التزيين و الصناعة و العمارة، و قد استعملت عدة تقنيات في البناء استعملت فيها الصخور بمختلف الأحجام.

فهرس أشكال الباب الثاني:

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
37	نسيج دقيق	188
38	رسم تخطيطي يوضح طرق تكوين الصخور الرسوبية	194
39	دورة الصخور في الطبيعة	215
40	تأثير التحميل الكبير و المتغيرات الجوية على الطبقات الرأسية	224
41	تأثير المتغيرات الجوية على الطبقات الأفقية	225
42	قلع الحجارة	243
43	الحجارة بعد استخراجها من المحجرة	245
44	مخطط يمثل طريقة قلع الأحجار	245
45	المحاجر المكشوفة	247
46	رسومات تخطيطية لأدوات نحت الحجر	249
47	عملية نقل الحجر	250
48	عملية نقل الحجر بالحبال	251
49	الطرق المختلفة لرفع الأحجار	252

فهرس صور الباب الثاني

الصفحة	العنوان	رقم الصورة
187	نسيج خشن	17
188	نسيج بورفيري	18
203	حجر جيري سرئي	19
211	نسيج متورق	20
212	نسيج مخطط	21
212	نسيج محبب	22
253	Opus siliceum	23
254	Opus quadratum بفواصل منحرفة	24
254	Opus quadratum بفواصل منحرفة و مؤطرة	25
255	Opus africanum	26
256	Appareil en damier	27
257	Opus incertum	28
257	Opus réticulatum	29
258	Opus vitatum	30
259	Opus testaceum	31
260	تقنية بناء الضريح الملكي الموريطاني	32
261	تقنية بناء ضريح الخروب	33
262	تقنية بناء ضريح المدغاسن	34

قائمة مصادر و مراجع الباب الثاني

قائمة المصادر و المراجع باللغة العربية:

1 - إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، دار المعرفة الجامعية، مصر، 2014م.

2 - إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، دار المعرفة الجامعية، جمهورية مصر العربية، 2014م.

3 - المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، **خواص و اختبارات المواد**، المملكة العربية السعودية، دون تاريخ.

4 - عبد الإله (أحمد أبو غانم)، **الجيولوجيا العامة: الجزء النظري**، الطبعة الأولى، المعتز للنشر و التوزيع، المملكة الأردنية الهاشمية، 2007م.

5 - عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي قادوس، دون تاريخ.

6 - عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية**، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، دون تاريخ.

7 - فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، **كوكب الأرض معالم سطحه و أغلفته الكبرى دراسة في أسس الجغرافية الطبيعية**، دار ا لمعرفة الجامعية للطبع و النشر والتوزيع، الإسكندرية، 2013م.

8 - عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف**، مطبعة الحضري، الإسكندرية، 2005م

9 - محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، دون تاريخ.

10 - محمد صبري (محسوب)، **مبادئ الجغرافية الطبيعية**، القاهرة، دون تاريخ

قائمة المصادر و المراجع باللغة الأجنبية:

1- Adam (J.P), **La construction romaine : matériaux et techniques**, troisième édition, Paris , 1995

2- Cailleux (A), **les roches**, presses universitaires de France, Paris, 1952

3- Froidevaux (J.M), **Techniques de l'architecture ancienne : construction et restauration,** Pierre Margada éditeur, Paris, 1985

4- Lazzarini (L), « Genèse et classification des roches », dans : **la degradation et la conservation de la pierre**, texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre, publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985

5- Lezine (A), **Note sur la consolidation des monuments historiques de Tunisie**, imprimerie[1] officielle de la Tunisie, Tunis, 1953

6- Pomerol (CH), Fouet (R), **Les roches sédimentaires**, presses universitaires de France, Paris, 1953

7- Rockwell (P), " Aspect techniques de la taille de la pierre», dans : **la dégradation et la**[1] **conservation de la pierre** , texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre , publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985

8- Torraca (G)**, Matériaux de construction poreux**, ICCROM, Italie, 1986

الباب الثالث:

عوامل التلف و طرق الصيانة و الترميم

الباب الثالث: عوامل التلف و طرق الصيانة و الترميم

مقدمة

الفصل الأول: عوامل التلف

تمهيد

أولا: العوامل الداخلية

1- التغير في التركيب المعدني

2- الإجهادات الداخلية

3- الخصائص الفيزيوكيميائية و الميكانيكية للأحجار

ثانيا: العوامل الخارجية

1- العوامل الفيزيوكيميائية

1-1- الحرارة(التغيرات اليومية الكبيرة و المفاجئة في درجات الحرارة)

1-2- التغيرات المستمرة في الرطوبة النسبية

1-3- التلوث

1-4- الأملاح

2- العوامل الميكانيكية

2-1- الرياح و العواصف

2-2- الإهتزازات

2-3- الزلازل

2-4- الصواعق

2-5- العامل البشري

3- العوامل البيولوجية

3-1- النباتات

3-2- الكائنات الحية الدقيقة

3-3- الحيوانات

الخلاصة

الفصل الثاني: مظاهر التلف

تمهيد

1 -التقشر

2 -تفتت الحجر

3 -التلف البيولوجي

4 -التشققات أو الشروخ

5 -التجوف

6 -تخشن السطح

7 -الإضرار بالأساسات

8 -تغير اللون

9 -الطفح الملحي و التزهر

10 -الكتابة على الحجارة (الخربشات)

11 -فقدان بعض الأجزاء

الخلاصة

الفصل الثالث: طرق الصيانة و الترميم

تمهيد

أولا: التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من أخطار التلف المختلفة

1-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الفيزيوكيميائية

1-1- الرطوبة الناتجة عن الأمطار

1-2- الحماية من عوامل التجوية باستخدام الأغشية السطحية

2- التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الميكانيكية

2-1- الرياح

2-2- الزلازل

2-3- الصواعق

2-4- العامل البشري

3-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل البيولوجية

3-1-النباتات

3-2-الكائنات الحية الدقيقة

3-3-الحيوانات

ثانيا: التقنيات العلمية المستخدمة في علاج و صيانة الأحجار

1-عمليات التنظيف

1-1-مفهوم التنظيف

1-2-طبيعة الإتساخات

1-3-الأساليب المختلة للتنظيف

2-إزالة الأملاح

2-1-الأملاح التي تذوب في الماء

2-2-الأملاح التي لا تذوب في الماء

3-التقوية

3-1-أهم المواد الكيميائية المستخدمة في تقوية الأحجار

3-2-طرق التقوية

4-الترميم

1-أسس و قواعد الإستكمال

2-استكمال الأجزاء الناقصة

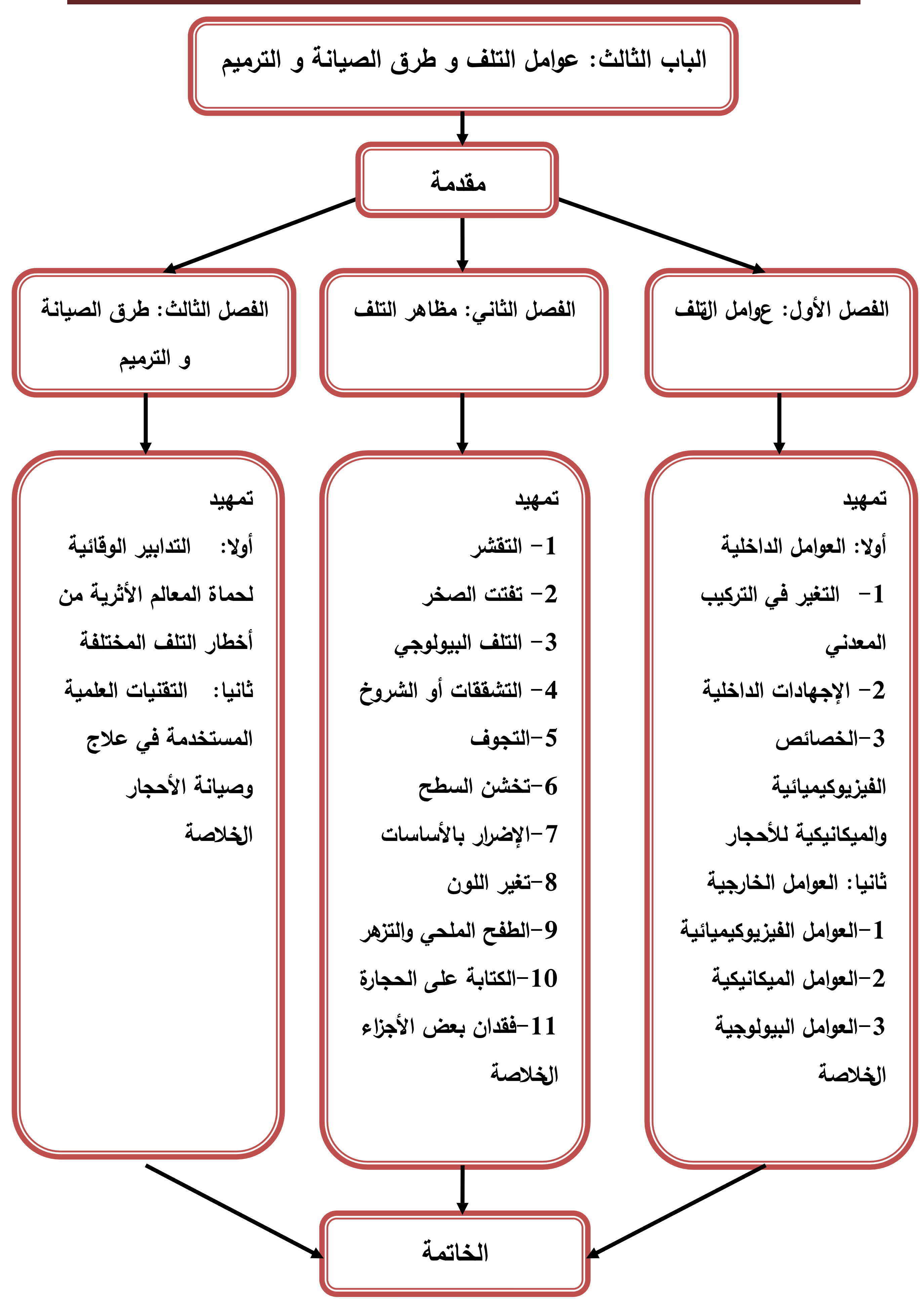
3-استكمال مواد البناء البسيطة

4-ملء التجاويف و أماكن الربط المفتوحة

5-تأهيل المباني الأثرية

الخلاصة

الخاتمة


الباب الثالث: عوامل التلف و طرق الصيانة و الترميم
مقدمة
الفصل الأول: عوامل التلف
الفصل الثاني: مظاهر التلف
الفصل الثالث: طرق الصيانة و الترميم
تمهيد
أولا: العوامل الداخلية
1- التغير في التركيب المعدني
2- الإجهادات الداخلية
3-الخصائص الفيزيوكيميائية والميكانيكية للأحجار
ثانيا: العوامل الخارجية
1-العوامل الفيزيوكيميائية
2-العوامل الميكانيكية
3-العوامل البيولوجية
الخلاصة
تمهيد
1- التقشر
2- تفتت الصخر
3- التلف البيولوجي
4- التشققات أو الشروخ
5-التجوف
6-تخشن السطح
7-الإضرار بالأساسات
8-تغير اللون
9-الطفح الملحي والتزهر
10-الكتابة على الحجارة
11-فقدان بعض الأجزاء
الخلاصة
تمهيد
أولا: التدابير الوقائية لحماة المعالم الأثرية من أخطار التلف المختلفة
ثانيا: التقنيات العلمية المستخدمة في علاج وصيانة الأحجار
الخلاصة
الخاتمة

مقدمة:

تتعرض المعالم الجنائزية كغيرها من المباني الأثرية الحجرية إلى عوامل التلف المختلفة التي تؤثر عليها حسب خواص المواد المستعملة في البناء، و بما أنه لا يمكن عزل المبنى الأثري عن محيطه الطبيعي و بالتالي لا يمكن تطويع العوامل الطبيعية كالرطوبة حسب متطلبات الحفظ كما هو الحال في المتاح ف، لذا وجب القيام بإجراءات وقائية للتقليل من حدة هذه العوامل، كالصيانة الدورية للمباني و المراقبة المستمرة لها حتى نستطيع الحفاظ عليها.

و يعد ترميم المباني الأثرية من أهم الإجراءات و أكثرها دقة و تعقيدا ، لذا فهي تتطلب خبرة فنية و علمية عالية المستوى و إلى تجربة و ممارسة طويلة، و لقد تطورت مع الزمن المبادئ العامة التي تحكم عمليات صيانة و ترميم المباني الأثرية و التي يجب على المرمم احترامها للوصول إلى نتائج تضمن حماية المبنى الأثري من جهة و لا يترتب عنها محو أو تغيير أو تشويه أو طمس الخصائص المادية و المعنوي ة للمبنى الأثري من حيث الشكل و المظهر و الخصائص المعمارية و الفنية.

و بهذا تمحورت الإشكالية في هذا الباب حول ماهية العوامل التي تسبب تلف المعالم الجنائزية، و أهم مظاهر التلف التي تنتشر على تلك المعالم، و أخيرا أهم إجراءات الحفظ و الترميم.

و للإجابة على هذه الأسئلة قسمنا الباب إلى ثلاثة فصول، مقدمة و خاتمة

المقدمة: عرفنا فيها بمحتوى الباب

الفصل الأول: عوامل التلف

الفصل الثاني: مظاهر التلف

الفصل الثالث: طرق الحفظ و الترميم

الخاتمة: حوصلة لأهم النتائج المستخلصة من خلال الباب

الفصل الأول :

عوامل التلف

الفصل الأول: عوامل التلف

تمهيد

أولا: العوامل الداخلية

1 التغير في التركيب المعدني

2 الإجهادات الداخلية

3 الخصائص الفيزيوكيميائية و الميكانيكية

ثانيا: العوامل الخارجية

1 العوامل الفيزيوكيميائية

2 العوامل الميكانيكية

3 العوامل البيولوجية

الخلاصة

تمهيد:

تختلف و تتنوع عوامل و أسباب تلف المباني الأثرية باختلاف الظروف التي توجد فيها تلك المباني، سواء من ناحية الموقع الجغرافي أو المناخ السائد بالمنطقة، لكن حتى و لو تواجدت تلك المباني الأثرية في نفس المنطقة قد نجدها مختلفة في درجة الحفظ وهذا راجع إلى عوامل التلف الداخلية لمادة البناء التي تتمثل أساسا في خواص تلك المواد كالتركيبة الكيميائية و المسامية و غيرها، و بهذا يمكن تقسيم عوامل تلف الصخور إلى قسمكن:

أ -عوامل داخلية: تتعلق بخواص الصخور

ب- عوامل خارجية : تشمل المحيط الخارجي كالمناخ بعناصره، العامل البشري والعوامل الطبيعية.

أولا: العوامل الداخلية:

و تشمل كل ما يتعلق بالخواص الطبيعية و الكيميائية للصخر مثل تركيبه الكيميائي و البلوري و مساميته و نفاذيته و صلابته و الم واد الرابطة الداخلة في تكوينه وقوة التحمل الميكانيكي ، إذ أن الخواص تتحكم في درجة تلف الصخور ما لم تكن تلك الصخور لهاا القدرة على مقاومة عوامل التلف ، هذا بالإضافة إلى ظروف نشأة الصخور التي تظهر بوضوح في بعض الصخور النارية حيث تنشأ بعض المكونات المعدنية الضعيفة أثناء تصاعد الماغما في القشرة الأرضية و الناتجة عن عدم مقدرة الماغما من التخلص من غازاتها و أبخرتها و تتميز هذه المكونات بالتركيب الفقاعي و التركيب الخلوي[357] و من أهم عوامل التلف الداخلية نذكر:

1-التغير في التركيب المعدني:

تعتبر المكونات المعدنية للصخور الن ارية و المتحولة التي نشأت تحت ظروف غير عادية من الحرارة و الضغط غير ثابتة تحت الظروف العادية ، بالإضافة إلى ما قد تتعرض له من ضغوط غير محسوبة نتيجة للتحميل في الأحجار التي فقدت الحبيبات المكونة لها ، و تظهر هذه الحالة بوضوح على أسطح الصخور الغرانيتية خاصة ا لقريبة من الأراضي الزراعية التي تمدها بالرطوبة حيث يلعب الماء دورا هاما و خطيرا على بعض المعادن المكونة للغرانيت مما يؤدي إلى تحللها إلى معادن أخ رى تختلف في التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية عن المعادن الأصلية خاصة إذا احتوى الماء على حمض ضعيف، ومن أهم الأمثلة على عملية التغير المعدني تحول معا دن الفلسبار إلى معدن الكاولينيت، و تظهر هذه الحالة في الأحجار الرملية المحتوية على نسبة عالية من معادن الفلسبارات حيث تتحول إلى المعادن الطينية التي بتعرضها لمصادر المياه تنزح

[357]محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، دون تاريخ، ص91

إلى الخارج مؤدية في النهاية إلى ضعف الت رابط بين الحبيبات و تفتت مكونات الحجر.[358]

و تؤثر عملية التميؤ (اكتساب ماء التبلور) في تغيير التركيب المعدني و خواص المعادن المكونة للصخور ، و ترتبط هذه العملية ببعض المعادن كمعدن الأنه يدريت الذي يتحول إلى معدن الجبس ، و الزيادة التي تحدث نتيجة لاكتساب ماء التبلور تؤدي إلى زيادة البلورة المعدنية بمقدار20,5% من حجمها مما ينشأ عنه ضغوط مختلفة الإتجاهات طبقا لموقع البلورة في تركيب البنية الصخرية، و ينشأ عنها تشققات دقيقة وشروخ تزيد من معدل المسامية للحجر.[359]

كما تؤثر عملية التأكسد بصورة رئيسية على المعادن المحت وية على مركبات الحديدوز التي تتأكسد إلى حديديك باكتسابها لماء التبلور و يزداد حجمها و تضيف إجهادات أخرى على بنية الحجر ، بالإضافة إلى تغير لون الحجر الذي تتلون أسطحه باللون البني أو الأصفر، و من جهة أخرى ينتج عن عملية التأكسد لمعدن البيريت الذي يوجد كمكون طبيعي في بعض الأحجار إلى تكون حمض الكبريتيك الذي يتفاعل مع معادن الحجر مؤديا إلى تحلله.[360]

كما أن التركيب المعدني لبعض الصخور الرسوبية يتعرض لبعض التغيرات الفيزيوكيميائية الضارة أثناء عمليات التكوين و التي تلعب بعد ذلك دورا هاما في تلف هذه الصخور إذا ما استخدمت كأحجار بناء أو زينة في المنشآت الأثرية المختلفة.[361]

---

[358] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، دار المعرفة الجامعية للطبع و النشر و التوزيع، جمهورية مصر العربية، 2014م، ص90

[359] مرفت (ثابت صليب)، **تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية**، الطبعة الأولى، الدار العالمية للنشر و التوزيع، الجيزة، 2008م، ص147

[360] مرفت (ثابت صليب)، **تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية**، مرجع سبق ذكره، ص 147

[361] محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مرجع سبق ذكره، ص 91

2-الإجهادات الداخلية:

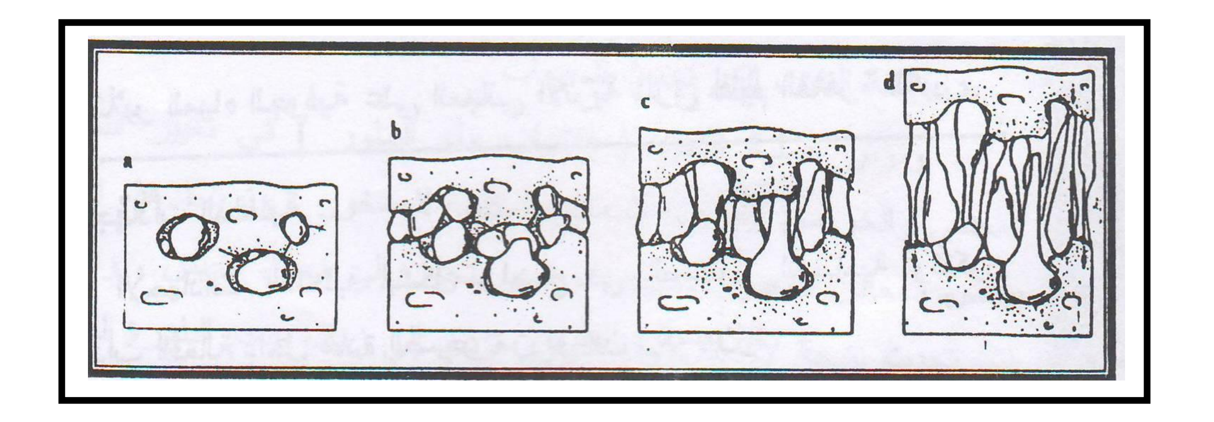
تنشأ الإجهادات الداخلية بشكل واضح في الصخور المسامية، و تتكون الإجهادات الفعالة داخل مادة الصخر من نوعين رئيسيين:

أولهما: ضغط الماء المسامي بما يسمى الضغط المتعادل الذي يؤثر بصورة متساوية وبنفس الشدة في جميع الإتجاهات و ذلك نتيجة لوجود شبكة من التشققات الدقيقة في بنية الصخور المتبلورة و الهشة.[362]

و نتيجة للمد المتواصل من المسام الدقيقة المحتوية على المحاليل الملحية إلى الفجوات و التشققات يبدأ نمو البلورات الملحية إلى أن تملأ الحيز المتاح لها و يتوقف نمو البلورة نتيجة لصلابة المادة الرابطة و الضغوط الناتجة عن الماء المسامي المحيط بالفجوات و ما ينتج عنها من ضغوط داخلية ، و يتلاشى تأثير الإجهادات نتيجة التوازن الواقع بينها و بين الضغوط الخارجية الناتجة عن الماء المسامي مما يؤدي إلى ثبات الحالة في عمق الحجر، كما تحدث هذه العملية بنفس الصورة بالقرب من الأسطح الخارجية مما يؤدي إلى ترسب الأملاح و تبلورها على الطبقة السطحية أو تحتها، ونتيجة لضغوط تبلور الأملاح بالإضافة إلى ضعف المادة الرابطة يساعد ذلك على ظهور التشققات الدقيقة في الأماكن الهشة من السطح و تزداد حدتها باستمرار هذه العملية [363] كما يوضحه الشكل رقم(50).

[362]إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 90

[363]مرفت (ثابت صليب)، مرجع سبق ذكره، ص 148، 149



شكل رقم(50): ميكانيكا نمو البلورة الملحية في عمق الحجر و بالقرب من السطح

عن :مرفت (ثابت صليب)، تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية، ص 149

النوع الثاني: الأملاح المتبلورة (المتميعة و قليلة التميع)

و هي الأملاح التي يدخل ضمن تركيبها البلوري بعض جزيئات الماء، و أخطرها الأملاح قليلة التميع أو الغير مائية لأنها عند اتصالها بالماء المجاور لها تنقسم البلورة الواحدة لأكثر من بلورة و يحدث ضغوط موجهة في جميع الإتجاهات ينتج عنها تمزق المواد الرابطة، و باستمرار هذه العملية تتسع التمزقات و التشققات و تكون محصلتها الإنهيار الكامل لبنية الحجر الأساسية.[364]

3-الخصائص الفيزيوكيميائية و الميكانيكية للأحجار:

لا تتفاعل الأنواع المختلفة للصخور بنفس الطريقة مع الظروف الجوية، حيث أن أشكال ودرجة التلف تكون مرتبطة ببعض الخواص الجوهرية للصخر، و هنا نتحدث عن عوامل التلف الداخلية.

3-1-الخصائص الميكانيكية:

كقاعدة عامة، لقد عرف البناؤون القدماء أنه يجب استخدام المواد الأكثر مقاومة في الأجزاء الهيكلية للمبنى، و التي تتحمل أثقال كبيرة، و في كثير من الأحيان يلاحظ

[364]مرفت (ثابت صليب)، مرجع سبق ذكره، ص 150

أن مداميك الأساس تم بناؤها باستعمال حجارة أكثر متانة من باقي أجزاء البناء، وعادة ما ترتبط هذه المتانة بصلابة كبيرة للسطح وانخفاض المسامية، حتى تتحمل مداميك الأساسات ثقل المبنى من جهة ، و من جهة أخرى تكون حاجز ضد صعود الماء والمحاليل من الأرض بالخاصية الشعرية، كما توفر مقاومة جيدة ضد التآكل و الكشط.[365]

كما أن التركيب الطبقي الذي يميز الصخور الرسوبية، و الذي يتميز بوجوده في اتجاهين إحداهما موازي أو في اتجاه الطبقات و الآخر عمودي، يؤثر على مقدرة الصخور على تحمل الضغوط الرأسية و مقاومتها للمتغيرات الجوية في الإتجاهين، ونتيجة لارتفاع معدلات الرطوبة النسبية يحدث انسلاخ لبعض القشور وانفصالها وسقوطها بما عليها من نقوش و ذلك في الترسيب الطبقي الرأسي ، أما في حالات الترسيب الأفقي فيحدث إتلاف ذو شكل متعرج تكون فيها مناطق اتصال المسطحات الأفقية هي أضعفها وأعمقها في التآكل.[366]

3-2-التركيبة الكيميائية و المعدنية للصخور:

تعبر التركيبة الكيميائية للصخور عن مدى مقاومتها لعوامل التلف ، فهناك مكونات تتفاعل مع الماء و هي الأملاح القابلة للذوبان ، و هناك مكونات تتفاعل مع الأحماض المتواجدة في الجو و هي كربونات الكالسيوم و المغنيزيوم، ففي حالة حجارة تحتوي على العناصر السابقة الذكر بنسب ضعيفة أو منعدمة ستكون مقاومتها الكيميائية كبيرة.[367]

نجد أن الصخور الجيرية أكثر قابلية للذوبان من الصخور السيليكاتية (الغرانيت، الحجر الرملي...إلخ)، كما أن وجود الطين يساهم في تلف الحجر خاصة عندما يتشبع

---

[365] Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, 2010, p18

[366] مرفت (ثابت صليب)، مرجع سبق ذكره، ص 130

[367] Torraca (G)," l'état actuel des connaissances sur les altérations des pierres : causes et méthodes de traitement", dans: **matériaux et constructions**, vol.7, N 42, 1974, p 376

هذا الأخير بالرطوبة ما يسبب في إحداث تغييرات كبيرة في الحجم (حالة بعض أنواع الحجارة الرملية)، حيث يمكن أن نسجل فقدان لمقاومة الضغط يمكن أن يتجاوز 30% في بعض الأنواع، و بتكرار العملية يمكن أن يسبب في فقدان بعض الأجزاء من الحجر أو تكسره خاصة إذا كانت تحت أثقال معتبرة[368] كما توضحه الصورة رقم (35).



صورة رقم (35): تقشر سطح الحجر لاحتوائه على الطين

Dans: Bromblet (Ph), Guide « Altérations de la pierre », 2010, p18

تكون بعض حجارة البناء قد تشبعت بالأملاح القابلة للذوبان في المحاجر (ترسيب الأملاح القريبة، التلوث الزراعي ، القرب من البحر)، كما أن احتواء الحجر على معدن البيريت (كبريتيد الحديد FeS_2) و الذي يتواجد خاصة في الشيست و بعض أنواع الصخور الجيرية يساهم في التلف حيث يتأكسد كبريتيد الحديد على سطح الحجر لينتج كبريتات و أكسيد الحديد، هذا التحول يولد بقع بلون الصدأ يصاحبه زيادة في الحجم ما يؤدي إلى تكسر الحجر أو تشكل حفر مختلفة العمق على السطح.[369]

3-3-المسامية:

للمسامية أيضا دور مهم في تلف الصخور ، فالحجارة التي تحتوي على عدد كبير من المسامات الصغيرة تكون أقل مقاومة لعوامل التلف، أما المسامات الأكثر اتساعا فهي تسبب في أخطار أقل ، فيمكن القول إذا أن الحجارة التي تحتوي على عدد أقل من

[368] Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, op.cit, p 19

[369] Idem, p 19

المسامات تكون أكثر مقاوم ة، حيث يؤدي تغير الماء من الطور السائل إلى الصلب داخل المسامات عند انخفاض درجة الحرارة إلى زيادة في حجمه، ما يسبب في ضغوط داخل الحجر و بالتالي حدوث تشققات دقيقة تتسع بتكرار العملية [370]، كما أن تخزين الماء داخل مسامات الحجر يكون حافزا لنمو النباتات.[371]

3-4- نسيج الصخر:

كقاعدة عامة، كلما كانت الحبيبات المكونة للصخر كبيرة كلما كانت أكثر تعرضا للتلف، وكذالك عند وجود مسامية معتبرة تكون الروابط بين الحبيبات أقل ، و بالتالي تماسك الحجر يكون ضعيف جدا و فعل عوامل التلف في الفراغات و المسامات الموجودة بين الحبيبات يكون أكثر فعالية.[372]

ثانيا: العوامل الخارجية:

لاشك أن العوامل الخارجية المحيطة بالآثار الحجرية تتسبب في عمليات تلف مستمرة و مختلفة في تلك الأحجار، و يمكن تقسيم هذه العوامل إلى : عوامل فيزيوكيميائية، عوامل ميكانيكية و عوامل بيولوجية.

1- العوامل الفيزيوكيميائية:

1-1 الحرارة(التغيرات اليومية الكبيرة و المفاجئة في درجات الحرارة):

تعتبر التغيرات المستمرة في معدلات الحرارة يوميا و موسميا و سنويا من أسباب تلف مواد البناء المختلفة ، كما تشترك الحرارة مع عوامل الت لف الأخرى في زيادة معدلات التلف، و يؤدي التأثير الحراري على الأحجار إلى زيادة حجم البلورات المعدنية التي تتكون منها نتيجة عمليات التمدد الحراري و عندما تنخفض درجة الحرارة يحدث انكماش

---

370 Torraca (G)," l'état actuel …", op.cit, p 376
371 Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, op.cit, p 20
372 Idem, p 20

في أبعاد هذه البلورات ، و تختلف معاملات التمدد الحراري باختلاف المعادن فيع طي الدلوميت تمدد أكثر من الكالسيت ، كما يعطي الجبس معامل تمدد أكثر من الكالسيت بخمس مرات، و هذا التمدد و الانكماش قد يسبب في إحداث الشقوق داخل الحجر.[373]

جدير بالذكر أن الطبقات السطحية للأسطح المكشوفة، عندما تتعرض لأشعة الشمس المباشرة فإنها تمتص و تختزن طاقة حرارية عالية نتيجة لعجز الأحجار بصفة عامة عن التوصيل الحراري، و أنه على مدار ساعات النهار يسري جزء كبير من الحرارة التي اختزنت و ببطء إلى الطبقات الداخلية ، خاصة و أنه عند ساعات الليل ينقطع المصدر الحراري و هو الشمس و تنخفض درجات الحرارة و تصبح الطبقات الخار جية أبرد من الداخل لكونها تفقد حرارتها سريعا لاتصالها المباشر بالهواء البارد أي أن معدل تعامل الطبقات الخارجية من الأسطح المكشوفة مع التغيير الكثير في درجة حرارة الجو المحيط يختلف تماما عن الطبقات الداخلية.

و من ناحية أخرى فقد اتضح لنا أن تأثير عامل الحرارة يزداد خطورة في الأحجار النارية و كثير من الأحجار المتحولة، في حين يقل نسبيا في الأحجار الرسوبية المسامية وقوالب اللبن إذ يقوم الهواء المحتبس في مسامها بدور كبير في عم لية التوصيل الحراري ويكفل عدم اختزان الحرارة العالية بالطبقات السطحية.[374]

يجب الوضع في الاعتبار أن معاملات التمدد الحراري للحديد و الخرسانة تقريبا ضعف معاملات تمدد الطوب و الحجر الجيري و الحجر الرملي و مونة الجير ، و مثل هذا الاعتبار هام جدا خاصة عندما يتم وضع مخطط إنشائي لتسليح المباني القديمة باستخدام مواد مثل الحديد و الخرسانة ، إذ أنه عندما يتصل هذين العنصرين بمواد البناء

---

[373] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، دار المعرفة الجامعية للنشر و التوزيع، مصر، 2012م، ص87، 88

[374] عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف**، مطبعة الحضري، الإسكندرية 2005م، ص197، 198

و يتجهان نحو التمدد أو الانكماش بطريقة أو بأخرى فإن الاجهادات سوف تزداد في كل منهما لكن المادة الضعيفـة سوف تتكسر أو تتشوه بسرعة أكثر ، و يحدث فيها شروخ مجهرية، و في الغالب فإن عناصر البناء القديم القريبة من المنشآت المسلحة الحديثة تتعرض للتلف المتزايد باستمرار.[375]

1 2 -التغيرات المستمرة في الرطوبة النسبية:

إن التغيرات المستمرة في معدلات الرطوبة النسبية في صورها اليومية و الموسمية والسنوية في الوسط المحيط بالأحجار الأثرية يشكل خطورة بالغة على مواد البناء المختلفة وخصوصا تلك المكونات التي تتأثر بالمياه و الرطوبة ، و من المعروف أن التغيرات المستمرة في معدلات الرطوبة النسبية في صورها اليومية تعتبر أخطر من تغيرات الرطوبة النسبية في صورها الموسمية و السنوية على المكونات المعدنية لمواد البناء و يبلغ التأثير الضار للرطوبة النسبية مداه في الفترة التي تسبق شروق الشمس وخصوصا في موسم الشتاء البارد.[376]

1-2-1- مصادر الرطوبة:

تتنوع مصادر الرطوبة في المباني الأثرية حسب تنوع الموقع الجغرافي و الظروف الطبيعية المحيطة بالأثر و هيكلة المجاري المائية و من أكثر مصادرها أهمية نذكر:

- مياه المطر
- المياه الأرضية
- التكثيف [377]
- البحر

---

[375] Torraca (G), **matériaux de construction poreux**, ICCROM, Italie, 1986, p30

[376] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 93، 94

[377] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 89

أ -مياه الأمطار:

من المعروف أن الأمطار التي تهطل على أسطح المباني الأثرية تعتبر أحد مصادر الرطوبة داخل مواد البناء، و هي تتغلغل و تتسرب داخلها عبر الشقوق و المسامات، وتتوقف عملية تغلغل المطر في جدران المباني على معدل التساقط و سرعة الرياح والتركيب المسامي لمواد البناء ووجود الشروخ و الفلوق في المونات بالإضافة إلى التصميم المعماري و الزخرفي للجدار.

يساعد على عملية الانتقال و التغلغل أيضا: الخاصية الشعرية و الجاذبية الأرضية والشد السطحي مما يؤدي إلى ارتفاع المحتوى المائي لمواد البناء.[378]

و من أخطار الأمطار أيضا تفكك مونة البناء و تساقط ملاط الجدران و ضياع النقوش والألوان و تحرك الأساسات و إذابة و نزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية، و إذابة الأملاح و حملها إلى أماكن مختلفة من الجدران ثم تبلورها عند جفاف محاليلها مؤدية إلى تقشر الكتل الحجرية و تفتت سطوحها و سقوط ما تحمله من نقوش و كتابات وزخارف.[379]

و تعد كبريتات الكالسيوم من أشهر أنواع الأملاح المتبلورة على أسطح المباني و هي تساهم في تكوين القشرة السوداء مع الملوثات الأخرى كما تزداد خطورة الأمطار في المناطق الساحلية حيث تمتزج مياهه ا ببخار البحر المحمل بالأملاح ثم تنتقل بعد ذلك مع مياه الأمطار إلى داخل مواد البناء، فتسبب لها أضرار جسيمة و تتميز مظاهر التلف الناشئة عن تأثير هذه العوامل المتلفة بخطورتها البالغة على العناصر المعمارية والزخرفية.[380]

[378] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 90

[379] عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية**، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، ص 172

[380] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص89، 90

غالبا ما تكون مياه الأمطار حمضية لأن الهو اء يحتوي على ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء مكونا حمض كربونيك و هو حمض ضعيف جدا ، حسب للمعادلة التالية:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

ثاني أكسيد الكربون ماء حمض كربونيك

و في مثل هذه الظروف فإن كربونات الكالسيوم و المغنيزيوم الموجودة في بعض مواد البناء مثل : مونة و ملاط الجير ، الحجر الجيري و الرخام ربما تتحول إلى بيكربونات وتتحلل ببطء.[381]

في المناطق الريفية يلاحظ كثرة النبـاتات التي تنموا بين حجارة البناء عندما تتعرض لمياه الأمطار.[382]

ب -المياه الأرضية:

تتمثل في المياه التي تتسرب إلى أساسات المباني الأثرية من التربة أي المياه التي توجد تحت سطح التربة و هي لا تختلف عن المياه الجوفية التي توجد في الغال ب على أعماق بعيدة من سطح التربة ، و المياه تحت السطحية قد تختلط و تتلوث بمكونات مصادر المياه الأخرى كمياه الصرف الصحي و قد تتلوث المياه الجوفية و ذلك إذا غذتها أمطار حمضية أو تسرب إليها ا لصرف الصحي عبر الشقوق و الفواصل ، و من المعروف أن المياه الأرضية تتسرب من التربة إلى أساسات المباني الأثرية عبر المسامات و الشقوق والشروخ الدقيقة في مواد ال بناء بواسطة الخاصية الشعرية و قوة الامتصاص و قوة الانتشار ، و تتفاوت الارتفاعات التي تبلغها هذه المياه اعتمادا على مقدارها وحجم مسامات مواد البناء و توزيعها واستمراريتها و يحد الضغط الجوي من هذه

[381] Torraca (G), **matériaux de construction poreux**, op.cit, p 39
[382] Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, op.cit, p 5

الظاهرة فلا يزيد الارتفاع التقريبي الذي تبلغه أربعة أمتار و يز يد هذا الارتفاع عند تقاطعات الجدران أي الزوايا.[383]

عندما تتسرب المياه الأرضية إلى مواد البناء تظهر عليها بقع من الرطوبة مختلفة اللون، و بتمركز هذه المياة على السطح و تبخرها عند ارتفاع درجة الحرارة تخلف وراءها الأملاح القابلة للذوبان لتتبلور و تشكل ما يعرف بالتزهر.[384]

ت- التكثف:

يعرف التكثف بأنه النسبة الزائدة من بخار الماء في صورة سائل و ذلك عند حدوث تشبع الهواء، حيث أن الهواء الدافئ يكون قادرا على حمل كمية كبيرة من بخار الماء والتي تعرف بالرطوبة النسبية، و يعمل التكثف على زيادة المحتوى الرطوبي لمواد البناء وهذا يعتمد على درجة الرطوبة النسبية المحيطة و درجة الحرارة و درجة مسامية مواد البناء.[385]

يمكن تقسيم تأثير التكثف على مواد البناء إلى ثلاث تأثيرات و هي:

تأثيرات فيزيائية:

حيث أن قطرات الماء الناشئة عن عملية التكثف تعمل على تمدد مواد البناء وظهور الشروخ الدقيقة.

تأثيرات كيميائية:

غالبا ما يحتوي الماء المتغلغل داخل الجدران على أملاح قابلة للذوبان إما آتية من إذابته للأملاح الموجودة في مواد البناء أو آتية من تفاعل الغازات الجوية مع مواد

---

[383] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص91

[384] Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, op.cit, p 5

[385] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص91، 92

البناء مثل CO_2 وSO_2 و عند حدوث الجفاف تبدأ هذه الأملاح في الت بلور و تتزهر خارجيا أو داخليا مسببة تشويه و تلف لمواد البناء.[386]

تأثيرات بيولوجية:

زيادة رطوبة مواد البناء يساعد على نمو الفطريات ، و نعلم أن النمو الفطري يبدأ عند ارتفاع الرطوبة النسبية أكثر من70% حيث أن جراثيم الفطريات الموجودة في الهواء وعلى سطح المباني تبدأ مستعمراتها في النمو بألوان مختلفة منها البني و الأ سود والأخضر و الأصفر ما يؤدي إلى تشويه المظهر الجمالي للمباني كما يساعد على نمو الطحالب و ذلك لقدرتها على امتصاص الرطوبة من الهواء و نموها بسهولة على الجدران الخارجية للمباني.[387]

1-2-2- تأثير تغيرات الرطوبة النسبية على المباني الأثرية:

من أهم أنماط التلف المرتبطة بالتغيرات الكبيرة في معدلات الرطوبة النسبية ما يلي:

الرطوبة النسبية المرتفعة: تؤدي إلى:

- إذابة الأملاح القابلة للذوبان في الماء ، و التي توجد عادة في الأحجار الرسوبي ة (الحجر الجيري و الحجر الرملي) و قوالب اللبن و مونات البناء و ملاط الجدران، و حملها إلى الأسطح المكشوفة حيث تتبلور في الطبقات الخارجية لهذه الأسطح عند جفاف محاليلها بالبخر ، و بفعل الضغوط الموضعية الهائلة التي تصاحب النمو البلوري للأملاح تتفتت السطوح الخارجية للأحجار و قوالب اللبن و ينفصل الملاط عن الجدران و يضيع ما قد يكون عليها من نقوش و كتابات و زخارف.

[386]إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص91، 92

[387]نفسه، ص92، 93

- إذابة المواد الرابطة لحبيبات الأحجار الرسوبية، و خاصة الحجر الرملي، سواء كانت من مركبات الحديد أو مركبات الكالسيوم و حملها إلى الأسطح المكشوف حيث تترسب على هذه الأسطح عند جفاف محال يلها مكونة ما اصطلح على تسميته بالقشرة الصلبة، و الواقع أن هذه القشرة الصلبة تعمل على حماية أسطح الكتل الحجرية من عوامل التلف الميكانيكي (الرياح و العواصف)، إلا أن الطبقات الواقعة أسفلها تكون هشة جدا نتيجة لسحب المواد الرابطة منها ، بحيث تتفرط حبيباتها، إذا حدث و ضاعت هذه القشرة الصلبة ، في صورة نزيف من الحبيبات المكونة للكتل الحجرية.[388]

الرطوبة النسبية المنخفضة: تؤدي إلى:

- حدوث تحولات طورية في بعض مكونات ملاط الجدران، خاصة إذا كان من الجبس، الذي يتحول إلى الطور المسمى بـ الأنهدريت، و يصاحب هذا التحول فقدان الماء المتحد كيميائيا مع كبريتات الكالسيوم، و بالتالي حدوث انكماش في أبعاد الخلية البنائية للجبس ، ينتج عنه انفعال شديد في طبقة الملاط مؤديا إلى حدوث شروخ و تشققات غير منتظمة و مختلفة الشكل بها.
- تزهر و تبلور الأملاح نتيجة للإنخفاض الكبير في الرطوبة النسبية إلى معدلات شبه ثابتة داخل المباني، و في هذه الحالة تكون أسطح الجدران المنقوشة وطبقات الملاط منطقة جذب لمحاليل الأملاح ، و عندما تجف المحاليل الملحية بالبخر تتبلور الأملاح و تحدث ضغوطا موضعية هائلة تؤدي إلى تفتت السطوح الحجرية و ملاط الحوائط و ضياع ما تحمله من نقوش و كتابات و زخارف.

[388] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 177.

- إضعاف صلابة الأحجار و قوالب اللبن و مونة البناء و ملاط الجدران ، إذ أنه من الثابت أن قوة المواد الرابطة و فعاليتها ، سواء في كتل الأحجار الرسوبية وغيرها من مواد البناء تعتمد على احتوائها على نسبة معينة من الرطوبة.[389]

1 3 التلوث:

يمكن تعريف الملوثات على أنها شوائب غازية أو صلبة أو سائلة توجد بتركيزات تبقى لفترات زمنية كافية لإحداث ضرر بصحة الإنسان أو ممتلكاته عن طريق ما تحدثه من تغيير فيزيائي أو كيميائي أو بيولوجي بالبيئة المحيطة به مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي و عليه فإن التلوث كظاهرة بيئية تشمل تلوث الهواء و المياه والتربة...إلخ.[390]

و يعتبر التلوث البيئي إحدى المشكلات الهامة التي تواجهنا في حياتنا المعاصرة نتيجة النشاط المتزايد للإنسان في كافة مجالات الحياة فالبيئة الطبيعية تتميز بوجود توازن دقيق و صارم قائم و بصفة مستمرة بين عناصرها المختلفة و يعرف هذا التوازن بالنظام البيئي، و يمكن أن نقسم الملوثات طبقا لمصدرها إلى:

أ - الملوثات الطبيعية:

و هي التي تنتج عن مكونات البيئة ذاتها دون تدخل الإنسان فيها و تتمثل في الحبيبات الصلبة الملوثة للهواء و هي حبيبات الأتربة و الانتساخات و الرمال الدقيقة وكربونات الكالسيوم المتطايرة و كبريتات المعادن القلوية المتصاعدة من بخار البحر، وأكاسيد النتروجين التي تتكون في الهواء و مركبات الكبريت الناتجة عن المصادر الطبيعية.[391]

---

[389] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 177، 178.

[390] إبراهيم محمد (عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 97

[391] نفسه، ص 97، 98

ب – الملوثات الصناعية:

و هي التي تنتج من فعل و تدخل الإنسان في الطبيعة و تتمثل في الحبيبات الكربونية المنبعثة من احتراق الزيوت المعدنية كما قد توجد معها حبيبات من التربة مثل الكوارتز و الفلدسبارات و المعادن الطبيعية و المعادن ال صناعية الناتجة عن مداخن المصانع، بالإضافة إلى الأفران و المطابخ الم لحقة بالمنازل و محركات الحافلات، وكذلك حبيبات الكربون السوداء الناتجة عن احتراق المواد البترولية المخ تلفة وغالبا ما تكون هذه الجسيمات مختلطة بالأكاسيد المعدنية و الشعيرات و الشحوم والزيوت البترولية كما أنها تكون محملة بغاز ثاني أكسيد الكربون و بعض الغازات الصناعية الضارة.[392]

و تتمثل مظاهر تلف المنشآت الأثرية بواسطة الملوثات في:

- ترسيب الحبيبات المعلقة.
- تكوين القشرة السوداء الصلبة على أسطح المباني.
- التأثير على المواد الملونة بزخارف الحوائط و الأسقف.
- تجوية أسطح المباني الأثرية.[393]

ت -الملوثات الغازية:

تختلف طبيعة الملوثات الغازية حيث نجد : أول أكسيد الكربون (CO)، ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الميثان (CH_4)، أكاسيد النتروجين (NO, NO_2)، ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، و أكثر هذه الغازات إتلافا للحجر هي غاز ثا ني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين، بحيث تسبب بالدرجة الأولى في حموضة الأمطار كما يمكنها التأثير مباشرة على الحجر في صيغتها الغازية.[394]

[392] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص97، 98

[393] نفسه، ص98

[394] Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, op.cit, p16

يعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أهم غازات التلوث الجوي و أكثرها خطورة على مواد البناء المختلفة، و هو يتولد من احتراق الكبريت و المواد المحتوية عليه مثل الفحم الذي تتراوح فيه نسبة الكبريت 1,3 -1,5% و البترول 0,1% و زيت الوقود بنسبة 1,2-2,6% و الغاز الطبيعي بنسبة 0,02%، كما يتولد هذا الغاز من مخلفات الأفران والمداخن و مصانع الكيماويات و تزداد نسبته بصفة عامة في المدن الصناعية والأماكن المزدحمة بالسيارات، و في ظل وجود ارتفاع في نسبة الرطوبة الجوية و تواجد أكاسيد الحديد على سطح الحجر يتم تحول أكاسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك الذي يت فاعل مع كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ المكون الرئيسي للأحجار الجيرية مكونا كبريتات الكالسيوم و هي مادة قابلة للذوبان و الإزاحة بسهولة ، و قد تتحول كبريتات الكالسيوم المتكونة إلى اللون الأسود نتيجة لامتصاص الإتساخات مكونة قشرة سوداء مشوهة لسطح الأثر.[395]

كما يحتوي الهواء الجوي على مركبات نتروجينية عضوية مختلفة بعضها يكون في حالة غ ازية و الباقي يكون في حالة تكثف ، و تشمل هذه الغازات أكاسيد متعددة للنيتروجين منها أكسيد النيتروز N_2O و أكسيد النيتريك NO_2 و ترجع معظم هذه الأكاسيد إلى حرق الوقود في المناطق السكنية و كذلك المخابر و الورش و الفنادق إلا أن جانب منها منقول من أماكن بعيدة عن طريق الرياح، و قد تتفاعل غازات النيتروجين مع الرطوبة الجوية لتكون حمض النيتروز و حمض النيتريك حيث يتفاعل هذا الحمض مع مواد البناء الكربوناتية ليكون أملاح التيتريك و النترات و هي طبقة ملحية هيجروسكوبية سهلة الذوبان و تكون أسرع غسلا من فوق أسطح الأحجار الأثرية و حتى في الطبقات الصلبة منها ، كذلك يمكن لنترات الكالسوم $Ca(NO_3)_2$ المتكونة أن تتسرب إلى أسفل أسطح الأحجار مع مياه المطر و التكثف ، و عند امتصاص الحجر لها يشكل

[395] براهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 109، 110

خطرا كبيرا عليه و ذلك بسبب تح ولها سريعا من الطور الرطب إلى الطور الجاف أي تبلور و إعادة تبلور عند حدوث تغيير في معدلات الوطوبة و الحرارة في الوسط المحيط، هذا بالإضافة لكون النترات مصادر غذائية هامة لبعض الطحالب و الأشنات مما يسهل لهذه الكائنات القيام بدورها في عمليات التحلل.[396]

1 4 الأملاح:

تعد الأملاح القابلة للذوبان من أكبر العوامل المسببة في تلف المباني الأثرية، و هذه الأملاح عبارة عن بلورات قابلة للذوبان في الماء و بالتالي تتحرك في المبنى مع المحاليل، و يعد الجبس أحد أقل هذه الأملاح ذوبانا (2,4 غ في لتر من الماء النقي) وهو أكثر ذوبانا ب 150 مرة من الكالسيت الذي يعد المكون الأساسي للحجر الجيري، وبعد ذوبان هذه الأملاح تتمركز في مناطق التبخر على سطح الحجر.[397]

أ -مصادر الأملاح:

من خلال الدراسات التي أجريت على الآثار الحجرية وجد أن مصادر هذه الأملاح متعددة، فمنها الأملاح الموجودة في مادة الحجر و ذلك قبل استخدامها في البناء، والأملاح الناتجة عن التحلل الكيميائي لمادة الحجر مثل الأملاح الناتجة عن التلوث الجوي و خاصة عن بعض الغازات التي تتحول بفعل الرطوبة إلى أحماض الكربونيك والكبريتيك و التي تؤثر و تتفاعل مع الأحجار وخاصة الأحجار الكربوناتية مثال ال حجر الجيري و الرخام حيث تتسبب هذه الأحماض في تحويل مادة كربونات الكالسيوم إلى أملاح، كذلك من المصادر الأخرى نجد المواد الرابطة المستخدمة في عمليات التشييد والبناء و عمليات الترميم ، هذا بالإضافة إلى الأملاح الموجودة في التربة و التي تنتقل مع الماء إلى الآثار الحجرية عن طريق الخاصية الشعرية.[398]

---

[396] براهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 111

[397] Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, op.cit, p8

[398] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 94

و بالنسبة للمواقع القريبة من البحر مثل الضريح الملكي الموريطاني يكون مصدر الأملاح هو رذاذ البحر الذي يتميز باحتوائه على نسب عالية من أنواع الأملاح و التي قامت الرياح بحملها إلى الأحجار و تترسب علها.

و ربما جاءت هذه الأملاح من مخلفات الحيوانات و الطيور سواءا التي كانت ذائبة في التربة أو التي تجمعت فوق أسطح الأحجار الأثرية و لعبت المياه دورا أساسيا في إذابتها وتحركها إلى داخل مكونات الأحجار و تعتبر النيترات من أهم هذه الأملاح.[399]

و فيما يلي جدول رقم (27) يمثل المصادر المختلفة المحتملة للأملاح:

جدول رقم (27): بعض مصادر الأملاح القابلة للذوبان عن : Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, 2010, p9

بعض أنواع الأملاح	مصادرها المحتملة
سولفات الصوديوم	الإسمنت البورتلاندي، ملاط الإسمنت، الخرسانة، ماء الغسيل، الطوب
كربونات الصوديوم ، البوتاسيوم	الإسمنت البورتلاندي، ملاط الإسمنت، الخرسانة، ماء الغسيل، مخلفات التنظيف الكيميائي.
كلورور الصوديوم	ماء البحر، الرذاذ، الأملاح الذائبة
كلورور البوتاسيوم	التربة
سلفات الكلسيوم	الجص، الملاط الذي يحتوي على الجص، الإسمنت، ملاط الإسمنت، SO_2 الجوي، الرذاذ، الأنشطة البكتيرية.
سلفات المغنيزيوم	الحجارة الدولوميتية ، جير المغنيزيوم
نيترات الصوديوم	الأرض، الأسمدة، مواد عضوية متحللة،

[399] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 101

	الأنشطة البكتيرية.
نيترات البوتاسيوم	مواد عضوية متحللة، الأرض، الأسمدة، الأنشطة البكتيرية.

ب -تأثير الأملاح على الحجارة:

تعتبر الأملاح من أهم عوامل تلف مكونات مواد البناء و هي في حد ذاتها لا تعتبر عامل متلف في ظل الظروف البيئية الثابتة فقد تقوم كعامل ربط بين مكونات و حبيبات مواد البناء مما يزيد من ق وتها و متانتها و لكن في ظل الظروف البيئية المتغيرة من رطوبة و جفاف و ما يتبعها من تبلور و إعادة التبلور بالإضافة إلى هجرتها وانتقالها من مكان لآخر تؤدي إلى التأثير على متانة و قوة الربط لمادة البناء.[400]

يمكن أن تؤثر الأملاح على الحجارة بطريقة الضغط أو الدفع ، و هذا النموذج يشبه نموذج دفع الثلج، و يعتمد على نمو بلورات الملح في المسام الواسعة أو الشروخ ، عندما تمتص هذه البلورات ا لمحلول المائي من المسام الصغيرة ، و لو استمر مص الماء ستمتلئ المسام الواسعة بالبلورات مسببة ضغوط داخلية متلفة في المواد.[401]

المظهر الثاني ا لناتج عن الأملاح يتمثل في تزهر هذه الأخيرة، فعندما يكون الهواء جافا تبدأ عملية تبخر الماء الموجود داخل المسامات ، و بهذا يطفوا الماء على السطح ببطء ساحبا معه الأملاح المنحلة فيه، و من الم عروف أن تبخر الأملاح أمر مستحيل، لذا يتم تبلورها و يزداد حجمها فوق سطح الحجارة و ينتج عن ذلك تشكل رواسب مائلة إلى البياض.[402]

---

[400] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 99

[401] Torraca(G), **matériaux de construction poreux**, op.cit, p 32

[402] خالد (غنيم)، برخينيا (باخ ديل بوثو)، **علم الآثار و صيانة الأدوات و المواقع الأثرية و ترميمها** ، تعريب: خالد (غنيم)، بيسان للنشر و التوزيع، الطبعة الأولى، لبنان، 2002م، ص 50

علينا أن نتذكر دائما أنه ما دام هناك أداة مسامية تحتوي بداخلها على أملاح ذائبة ، فإنه و طبقا للتغيرات الطارئة على الرطوبة في الهواء ، فإن تلك الأملاح ستنتقل ضمن الأداة نفسها نحو الخارج و إن عمليات التحلل و التبلور و إعادة التحلل و إعادة التبلور هذه ينتج عنها بصورة بطيئة تدريجية تشققات دقيقة يمكن أن تفتت الأداة تفتيتا كاملا.[403]

ت -أشهر أنواع الأملاح المتبلورة داخل الأحجار أو فوق سطحها:

- **الكلوريدات:**

ليس من شك في أن الكلوريدات مثل كلوريد الصوديوم ، كلوريد البوتاسيوم و كلوريد الكالسيوم تمثل أنواع الكلوريدات التي توجد متبلورة بصورة مختلفة داخل الأحجار أو فوق أسطحها ، و تعتبر الكلوريدات من أخطر أنواع الأملاح التي تسبب في تلف المنشآت الأثرية لما تتمتع به من درجة ذوبان عالية في الماء تمكنها من الإنتقال إلى أماكن مختلفة داخل الأحجار ، بالإضافة إلى أنها تعتبر أملاحا هيجروسكوبية لها القدرة على امتصاص كميات كبيرة من الماء، و على هذا الأساس يعتبر هذا النوع من الأملاح من مصادر جذب المياه داخل الأحجار و التي يترتب عليها تبلور أو إعادة تبلور عند ارتفاع معدلات الحرارة في الوسط المحيط ، و في مثل هذه الظروف تحدث تغيرات في أشكال وأحجام البلورات الملحية لهذا النوع من الأملاح و تسبب ضغوط داخل الحجر ما يؤدي إلى انتشار الشقوق و الشروخ ذات الأشكال والأعماق المختلفة.[404]

- **الكبريتات:**

تعتبر كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4.2H_2O$ و اللامائية $CaSO_4$ و كذلك كبريتات الصوديوم $NaSO_4$ بدرجات تميؤها المختلفة من أشهر أنواع الكبريتات التي غالبا ما توجد في صور تبلور مختلفة داخل الأحجار أو فوق أسطحها ، و من الجدير

[403] خالد (غنيم) ، برخينيا (باخ هديل بوثو)، مرجع سبق ذكره، ص 50

[404] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية،** مرجع سبق ذكره، 103، 104

بالذكر أن المياه الأرضية و مياه البحار تعتبر من المصادر المائية التي تحتوي على أملاح الكبريتات الذائبة، كما أن أنواع الكبريتات و خاصة كبريتات الكالسيوم التي تكونت فوق أسطح الحجر الجيري جاءت نتيجة التفاعل الكيميائي ب ين كربونات الكالسيوم وحمض الكبريتيك الذي تكون بفعل غازات التلوث الجوي في ظل وجود الرطوبة، و لقد أثبتت التجارب أن كبريتات الكالسيوم المائ ية و كبريتات الصوديوم المائية تتبلور من المحاليل الملحية ا لتي وصلت إلى حالة التشبع القصوى ، و من المعروف أن أملاح الكبريتات أقل ذوبانا في الماء و أقل حركة داخل الأحجار من أملاح الكلوريدات و لهذا فإن حركتها د اخل الأحجار تتم في الطور المائي ، و عندما تمتص هذه الأملاح المياه تتحول إلى أملاح متميئة حيث تشغل هذه المياه جزءا في تركيبها البلوري و بارتفاع درجات الحرارة في الوسط المحيط و عندما تصل معدلات الضغط البخاري للهواء إلى معدلات الضغط البخاري لهذه الأملاح المتميئة تبدأ هذه الأملاح في التخلص من المياه التي امتصتها حيث تتحول في النهاية إلى أملاح فاقد ة للماء ، و التغير المستمر في أشكال و أحجام بلورات الكبريتات نتيجة امتصاص الماء أو فقدانه بسبب التغيرات الجوية في الوسط المحيط تنشأ الضغوط داخل الأحجار و بالتالي انتشار الشقوق و الشروخ المختلفة بها.[405]

- **النيترات:**

أملاح النيترات و خاصة نيترات البوتاسيوم و نيترات الصوديوم القلوية و نيترات الكالسيوم توجد بنسب ضئيلة بين الأملاح المتزهرة التي تترسب فوق أسطح الأحجار الأثرية نظرا لسهولة ذوبانها في الماء عند تعرضها لسقوط الأمطار أو الرطوبة النسبية العالية التي تقوم بإذابتها و نز حها من فوق أسطح الأحجار ، و قد لوحظ أن النيترات تتركز فوق أسطح الأحجار و خاصة عند المناطق التي تحت وي على مخلفات الطيور

[405] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 104، 105

وأعشاش النحل البري التي تحتوي على نسبة عالية من النيترات ، كما يكثر وجود هذه الأملاح فوق أسطح الأحجار التي شيدت فوق الأراضي الزراعية عالية الخصوبة أو التي شيدت فوق المقابر لأن هذه الأماكن غنية بأملاح النيترات التي تتسرب إلى الأحجار الأثرية مع المياه القادمة إليها من التربة، و هناك بعض أنواع النيترات مصدرها التلوث الجوي الذي يحتوي على أكاسيد النيتروجين بنسب مختلفة ففي و جود الرطوبة تنشط هذه الأكاسيد و تتحول إلى حمض الن يتريك الضعيف ، الذي يتفاعل مع كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الجيري و يتحول إلى نيترات الكالسيوم التي توجد على هيئة بلورات ملحية ذات شكل إبري.[406]

و لا شك أن النيترات تلعب مع غيرها من الأملاح دورا هاما في تلف التركيب الداخلي للأحجار لأن هذه الأملاح تتميز بسهولة ذوبانها في الماء و حركتها المستمرة مع المحاليل الملحية داخل الأحجار من منطقة إلى أخرى ، كما تتميز بلورات النيترات باختلاف أشكالها و أحجامها الأمر الذي يترتب عليه نشأة الضغوط المختلفة داخل الأحجار التي تسبب في انتشار الشقوق و الشروخ المختلفة بها.[407]

- **الكربونات:**

تعتبر كربونات الصوديوم من الأملاح التي يندر وجودها كأملاح متزهرة فوق أسطح الأحجار التي تتعرض لسقوط الأمطار أو الرطوبة النسبية العالية التي تقوم بإذابة هذه الأملاح و إزالتها من فوق أسطح الأحجار و تفاعلات كربونات الصوديوم تشبه إلى حد كبير تفاعلات كبريتات الصوديوم ، و نتيجة هذه التفاعلات داخل الأحجار متشابهة ،

---

[406] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 105

[407] نفسه، ص 105، 106

وبلورات الكربونات تتميز مثل غيرها من البلورات الملحية السابقة بالتغير المستمر في أشكالها و أحجامها البلورية.[408]

2-العوامل الميكانيكية:

2 1 الرياح و العواصف:

من المعروف أن الرياح لها تأثيرها المباشر و غير المباشر في تلف الأحجار ، فتأثيرها المباشر يتركز في قدرة هذه الرياح على حمل كميات كبيرة من الرمال التي تتسبب في تلف و نحر الحجر أ ثناء الدوامات و العواصف الرملية ، و في هذه الحالة تكون العواصف الرملية الشديدة بمثابة مناشير متحر كة تشوه و تتلف الأسطح الحجرية بدرجات متفاوتة تختلف حسب صلابة الحجر و نوعية الترابط بين حبيباته متسببة في النهاية تآكل و تعرج الأسطح الحجرية و يعرف هذا التآكل بالتآكل ذو النقر و هذا النوع من التلف يحدث في حالة الرياح الشديدة و المستمرة.[409]

و الواقع أن معدل تآكل المباني الأثرية بفعل الرياح و العواصف يزداد بدرجة ملحوظة إذا حدث و فقدت مواد البناء صلابة سطوحها نتيجة لوقوعها أزمانا طويلة تحت تأثير التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة خلال ساعات الليل و النهار و في فصول السنة المختلفة أو نتيجة للتحولات الكيميائية و ا لمعدنية التي تصاحب تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة.[410]

كما أن الرياح تلعب دورا هاما في التجوية الكيميائية للأحجار الأثرية حيث تقوم بنقل الغازات الملوثة مثل SO_2 و غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S و غاز ثاني أكسيد الكربون

---

[408] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 106

[409] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 92

[410] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 169، 170

CO_2 الناتجة عن مداخن المصانع و عوادم السيارات حيث تتحول هذه الغازات إلى أحماض في وجود الرطوبة و تتسبب في تلف تلك الأحجار.[411]

كما أن الرياح يمكن أن تساعد على رفع رطوبة المبنى فالرياح التي تهب من مناطق باردة تتسبب في انخفاض درجات الحرارة للوسط المحيط بالمباني الأ ثرية، و هكذا تلعب الرياح دورا خطيرا في اختلال التوازن الطبيعي في معدلات الحرارة المحيطة بالمباني الأثرية الأمر الذي ينجم عنه تلف المكونات المعدنية التي تتكون منها أحجار تلك المباني، كما تقوم الرياح بدور خطير يتمثل في نقل التلوث الجوي و بخار البحر المشبع بالأملاح إلى أسطح المباني الأثرية، حيث يعتمد انتشار هذه الملوثات على سرعة الرياح و شدتها واضطرابها و التي تتأثر بطبوغرافية المكان، حيث تحمل الرياح السناج ومخلفات المصانع مسببة غمقان واسوداد السطح مما يصعب إزالته، كما تلعب الرياح دورا هاما في زيادة تبخر المياه عن طريق التيارات الهوائية و تولد قوى السحب و التي تعمل على زيادة تبلور الأملاح فوق السطح ، كما تعمل الرياح على نقل الجراثيم الفطرية و البكتيرية وترسبها على أسطح المباني و في حالة توفر الظروف البيئية المناسبة تبدأ بالنمو مسببة التلف البيولوجي للمنشآت الأثرية.[412]

2 2 الإهتزازات:

يحدث الإهتزاز بسبب حركة النقل الثقيل و القطارات أو صدى الصوت، و نتيجة ذلك يتناوب في عناصر المباني إجهادات شد و ضغط سري عة و متتابعة، يكون لها تأثيرات خطيرة في العناصر المتشابكة ليس من السهل تحليلها على وجه الدقة ، و نظريا هناك حالات متعددة تسبب تلف خطير أو انهيارات للمباني أمكن تفسيرها أو إرجاع أسبابها إلى الإهتزازات الناتجة عن حركة المرور ، و التجارب التي تمت في الماضي استطاعت

[411] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 92

[412] ابراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 96، 97

حساب الإجهادات التي حدثت بفعل الاهتزازات في المباني و قام العلماء بتعريفهما ، ومعرفة حدود الأمان لهذه المباني ، و في حالات كثيرة ثبت أن الإجهادات قد تحدث بسبب تتابع نماذج من الاهتزازات حدثت بفعل توالي حركة المرور السريع ، و إن كان السبب الأخير غير كاف لإحداث التلف في المباني لو أخذ وحده في الاعتبار لكن يشترك مع ضغوط أخرى مثل زيادة الأحمال على عناصر الإنشاء.[413]

إن حركة مرور وسائل النقل الثقيل في شوارع المدن يسبب اهتزاز ا لأرض و كذلك الأبنية و يعد ع دم استواء سطح الطريق أحد الأسباب الرئيسية للإهتزازات الناتجة عن حركة المرور و هناك عامل آخر شديد الأهمية و هو الم سافة بين المبنى و الطريق الوعرة.

و قد تحدث الإهتزازات أيضا نتيجة بواعث فردية مثل ا لتفجيرات التي تحدث إثناء الحروب، أو التفجيرات النووية أو تفجيرات المحاجر و آلات الحفر مثل تلك المستخدمة في الحفر لاستخراج البترول أو الكشف عن المياه الجوفية حيث تسبب اهتزاز المباني مع ترددها الطبيعي الناتج عن تشغيلها، و يلاحظ أن كل الإهتزازات تستمر مع استمرار تشغيل الماكينات أي مع استمرار بواعثها، و كلما زادت قوى التردد الناتجة عن التشغيل كلما زادت الذبذبات الناتجة عن هذه الترددات و زادت بالتالي في المباني المعرضة لبواعث الإهتزاز.[414]

2-3- الزلازل:

2-3-1- ظاهرة الزلزال:

تعد الزلازل من أكثر الظواهر الطبيعية تدميرا و بالرغم من أنها نادرا ما تستمر لأكثر من ثواني معدودة إلا أنها تصدر طاقة تفوق طاقة التفجيرات القوية، و يرجع التأثير

---

[413] Torraca (G), **matériaux de construction poreux**, op.cit, p 53.
[414] Idem, p 55- 60

المدمر لأي زلزال نتيجة الذبذبات (الموجات السيزمية) المنبعثة من الهزة و للحظة قصيرة تهز الذبذبات الأرض القريبة من الزلزال ، و بالرغم من أن الزلزال يمكن أن يقع على أعماق كبيرة تحت سطح الأرض على عمق قد يصل إلى ما يزيد على 600 كم إلا أن معظمها يحدث عند عمق حوالي 60 كم من سطح الأرض و تسمى النقطة التي يبدأ من عندها الزلزال ببؤرة الزلزال أما النقطة الموجودة فوقها تماما فوق سطح الأ رض تسمى بالمركز السطحي للزلزال ، و تنتقل الطاقة المنبعثة من الزلزال من البؤرة إلى جميع الإتجاهات على هيئة موجات سيزمية (زلزالية) حيث تنتقل بعض هذه الموجات أسفل الأرض وينتقل البعض الآخر فوق سطح الأرض بصورة أسرع من الموجات الداخلية، ورغم تقدم العلوم الهندسية في تصميم و تشييد المباني المقاومة للزلزال فإن المباني الأثرية قد لا تتحمل هزة أرضية جديدة خصوصا أنها شيدت قبل صدور المواصفات الحديثة لهندسة الزلازل لذا من الضروري دراسة مدى تأثير الزلازل عليها لتقويتها وتأهيلها لمقاومة الزلازل و مراقبة حالتها بشكل دوري للحفاظ على الحد المقبول من الأمان في المباني لتقليل نسبة المخاطر في حال حدوث هزات أرضية مستقبلية.[415]

2-3-2- تأثير الزلازل على المباني الأثرية:

لا شك أن قدرة المبنى على مقاومة التأثيرات الزلزالية يتوقف على عدة اعتبارات أهمها ما يلي:

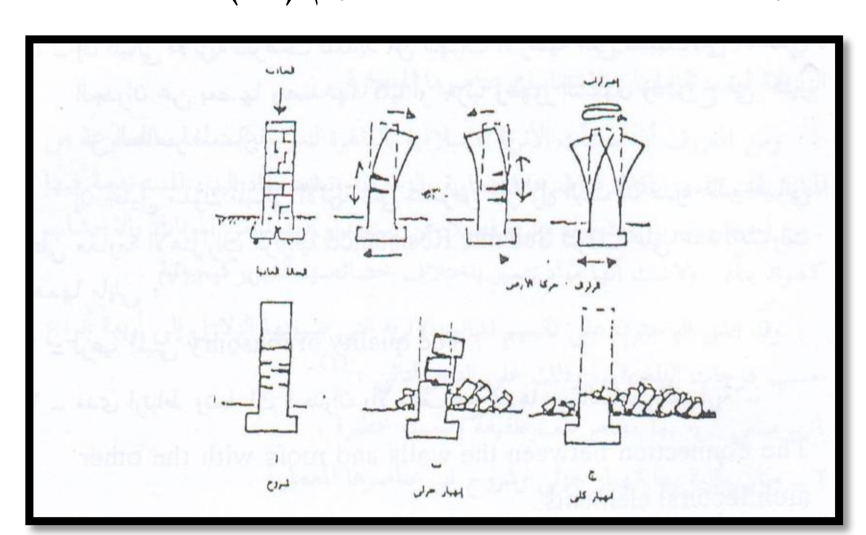
- نوعية المبنى.
- مدى ارتباط و تماسك عناصره المعمارية .
- النظام الإنشائي لهذا المبنى من حيث توزيع الضغوط و الأحمال على العناصر المعمارية.[416]

---

[415] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 100، 101

[416] نفسه، ص 102

من المعروف أن المباني بوجه عام تكون عرضة باستمرار لتأثير حركات الجاذبية الأرضية و هي عبلوة عن حركات رأسية ثابتة المعدل، و عند تعرض هذه المباني للزلازل فإنها تتعرض لحركات واهتزازات فجائية غير منتظمة و تتميز بتغير معدلاتها وشدتها عدة مرات في الثانية الواحدة مما يؤدي إلى تعرض كثير من العناصر المعمارية للإنفصال عن بعضها أو تصدعها كليا أو جزئيا ، و لا شك أن التأثيرات الأفقية للإهتزازات الزلزالية هي التي تشكل خطورة بالغة على تلك العناصر لأنها تعرضها لقوى أفقية لا تستطيع تحملها، كما أن تأثيرات التحركات الرأسي ة تقلل أو تلغي تأثير الجاذبية وقوى الضغط التي تدعم ارتباط هذه ا لمباني بالتربة التي أقيمت فوقها ، و في مثل هذه الظروف تولد التأثيرات المدمرة لقوى الشد التي ينتج عنها أضرار متفاوتة الخطورة مثل ظهور شروخ في الجدران تتميز باختلاف عمقها أو تعرض العناصر المعمارية للإنفصال والتصدع أو الانهيار الكامل[417] كما يوضحه الشكل رقم (51).



شكل رقم (51): الحالات المختلفة للجدران التي تأثرت بالزلازل

عن: محمد (عبد الهادي محمد)، دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية، ص 257

[417] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 256

المباني الأثرية معظمها لا تتحمل التأثيرات الناتجة عن الإهتزازات الزلزالية لعدة أسباب منها:

- أن هذه المباني لم تصمم عناصرها المعمارية لكي تقاوم الإهتزازات الزلزالية.
- أن المباني الأثرية شيدت من مواد بناء مختلفة في خواصها الفيزيوكيميائية بالتالي فإن تلك المواد تختلف في درجة تأثرها بالهزات الأرضية الأمر الذي ينشأ عنه أضرار بالغة في مواد البناء الضعيفة و أضرار متفاوتة في بعض المواد الأخرى.
- أن المباني الأثرية تعرضت طوال فترات التاريخ التي مرت بها للعديد من العوامل و القوى المتلفة التي تسببت في تلف مواد البناء المستخدمة فيها ، و التي تحولت بمرور الوقت إلى مواد فاقدة للقوى الميكانيكية و لهذا السبب لا تستطيع تحمل الإهتزازات الزلزالية.
- أن المباني الأثرية تعرضت للعديد من الهزات الأرضية التي تسببت في انفصال الجدران عن بعضها و تصدعها كليا أو جزئيا و ظهور الشقوق و الشروخ في كثير من العناصر المعمارية.[418]

لا شك أن هنا العديد من العوامل التي يعتمد بها في تحديد مواطن الضعف و القوة في المباني الأثرية التي تتعرض للزلازل و تنقثل هذه العوامل في شكل المبنى وخصائصه الإنشائية:

- فعلى سبيل المثال نجد أن المباني مربعة الشكل أو مستديرة الشكل تكون متساوية في قدرتها على مقاومة ما يقع عليها من إجهادات و ضغوط من أي اتجاه، أما المباني الأثرية مستطيلة الشكل فتكون قادرة على مقاومة الإجهادات و الأحمال في الإتجاه الطولي.

[418] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 257، 258

- المباني التي تتميز باحتوائها على عناصر معمارية كثيرة التفاصيل وعدم انتظام أشكالها و تعدد مواد البناء المستخدمة فيها تعتبر أكثر أنواع المباني تأثرا بالهزات الزلزالية لعدم تجانسها و قلة تماسك عناصرها المعمارية.[419]

2 4 الصواعق:

تسبب الصواعق انهدام الجانب المصاب من المبنى إصابة مباشرة، و تحدث الحرائق في الأجزاء القابلة للإشتعال ، و من الثابت أن المباني المقامة في أعالي الجبال و المرتفعات تتأثر أكثر من غيرها بالصواعق.[420]

2 5 العامل البشري:

يعتبر الإنسان عامل لا يقل أهمية و خطورة عن العوامل السابقة فلا يقتصر دوره على تشويه و ضياع المعالم الأثرية بل قد يتعدى إلى ضياع الأثر كلية و دور الإنسان في تلف المباني الأثرية ينتج عن قلة الوعي الأثري و الحضاري و الثقافي بقيمة هذه المباني الأثرية و كذلك لقلة الدراسات العلمية المتخصصة في حقل ترميم الآثار و عدم تطبيقها لانعدام التخطيط السليم العام و عدم وضوح الرؤية الحضارية و ضعف الانتماء و عدم المعرفة بالتاريخ و التراث و غياب سياسة واقعية تشجع البحث العلمي و يمكن أن نلخص التلف الذي يرجع للإنسان فيما يلي:

أ -الحرائق:

تتضرر مواد البناء على اختلافها بالحرائق ، فالنار تأتي قبل كل شيء على مادة الخشب المستعملة في الأبواب و النوافذ و الأسقف ، و تحرق الحجر الكلسي وتحوله إلى كلس قليل المقاومة قابل للتفتت و الذوبان في الماء ، و تؤدي الحرائق بصفة عامة إلى

---

[419] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 258، 259

[420] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 173.

تصدع البناء بكامله وانهياره كليا أحيانا و قد ذهب ضحية الحرائق الكثير من المباني الأثرية.[421]

ب - الحروب:

الحروب أشد الأخطار التي يلحقها الإنسان بآثار الحضارات، و يزداد خطرها كلما تقدمت أداة الحرب و أسلحتها ، كانت الحروب و الغزوات منذ القديم تستهدف تخريب المدن و ما فيها من مظاهر العمران، و يلجأ العدو إلى إشعال النار فيها و يعمل على تخريبها بوسائل مختلفة كالمنجانيقات و المعاو ل، أما في العصر الحديث فقد أصبحت الأسلحة الجوية أخطر أسلحة التدمير لما تلقيه من قنابل ثقيلة و من صواريخ و قنابل ذرية و هيدروجينية ، و لقد تهدمت خلال الحرب العال مية الثانية ألوف المباني التاريخية وذهبت معها كنوز و ثروات حضارية لا تقدر بثمن.[422]

لقد ذاعت الأساطير بين الناس حول الكنوز التي يحويها الضريح الملكي الموريطاني، إلى حد أن الأتراك الحاكمين للبلاد سنة 1555م كانوا على علم بها ، و قد أقدم الباشا صالح رايس في تلك السنة على تدمير هذا الضريح العتيق ، عساه يجد في أنقاضه الكنوز التي كان يتحدث عنها الخاص و ال عام، واستعمل المدفع لذلك فلم يصل إلى أكثر من إلحاق بعض الأضرار بالباب الوهمي بالجهة الشرقية.[423]

ت - أعمال الهدم و التخريب:

كثيرا ما تقدم السلطات أو الأفراد على هدم المباني التاريخية أو تشويهها أو تغيير معالمها لأسباب منها:

---

[421] عبد القادر (الريحاوي)، **المباني التاريخية، حمايتها و طرق صيانتها**، منشورات المديرية العامة للآثار و المتاحف، الجمهورية العربية السورية، دمشق، 1972م، ص 20

[422] عبد القادر (الريحاوي)، مرجع سبق ذكره، ص20،21

[423] منير (بوشناقي)، **الضريح الملكي الموريطاني**، تعريب عبد الحميد (حاجيات)، الجزائر، 1979م، ص 10.

- الرغبة في تجديد البناء القديم للحصول عل ى عمارة حديثة تكون أكثر فائدة من الناحية التجارية.
- الإهمال و الجهل بقيمة البناء التاريخي.

و يشجع ضعف الرقابة أحيانا على اتخاذ المباني المهجورة و الأطلال مقلعا يأخذ منها الطامعون حجارتها و مواد بنائها فيزيدونها تهديما أو يلجأ اللصوص إلى تخريبها لسرقة ما فيها من عناصر زخرفية و المتاجرة بها.[424]

ولقد كان الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا عرضة لمحاولات اللصوص منذ زمن طويل، و لا شك أن المحاولا ت الأولى ترجع إلى العهد القديم ، و لم يتأخر بعضهم عن إجراء حفريات موجهة من الرواق الداخلي نحو داخل المبنى بغية العثور على الغرفة الخفيۃ المزعومة ، فهناك حفر على شكل غيران المناجم كان الهدف من حفرها البحث عن الكنوز التي تتحدث عنها الأساطيـر فهناك حفرية يبلغ طولها 7 أمتار تنطلق من بهو الأسود و تتوجه نحو وسط المبنى و هناك أخرى في الجهة الغربية تبدأ من الرواق وتنفصل عنه على شكل زاوية قائمة يبلغ طولها 16م[425] كما يوضحه الشكل رقم (52).

شكل رقم (52): مخطط يمثل أماكن التخريب البشري على شكل حفر داخل الضريح الملكي الموريطاني
عن رابح (لحسن)، أضرحة الملوك النوميد و المور، ص347

[424]عبد القادر (الريحاوي)، مرجع سبق ذكره، ص 21

[425]منير (بوشناقي)، مرجع سبق ذكره، ص 15.

بالإضافة إلى هذا فقد انتبه سكان المنطقة منذ القرون الحديثة إلى نزع مشابك الضريح التي كا نت تشد أحجار البناء بعضها البعض ، لاسيما تلك المصنوعة من الرصاص، ولما كانت هذه الأخيرة غائرة في الداخل ، عمد الناهبون إلى تهديم الغطاء الخارجي حتى يسهل نزعها، فترتب عن ذلك تعرية جدران القاعدة الأسطوانية و المدرجات و تراكم الأنقاض من حوله لدرجة أنها كانت تشكل حسب بربروجير علو ما يقدر ب14م.[426]

ث - الترميم الخاطئ:

من ا لأخطار التي تتعرض لها المباني الأثرية تلك الأخطاء التي يقع فيها المرممون قليلو الخبرة في التعامل مع المقتنيات الأثرية مما يؤدي إلى طمس معالم البناء أو تغيير عناصره أو إزالة عناصر كانت بالفعل موجودة أو استحداث عناصر أخرى ولعل من أهم الأمثلة التي تصاحب عمليات الترميم الخاطئ نذكر:

- استعمال مونة الجبس في المناطق الشديدة الرطوبة.
- استعمال مونة الإسمنت.

ث1- استعمال مونة الجبس في المناطق الشديدة الرطوبة:

يؤدي ارتفاع نسبة الرطوبة إلى إذابة جزء من كبريتات الكالسيوم المائية (الجبس) و تسرب محلوله إلى أماكن مختلفة من البناء ثم تبلور محاليله مما يؤدي إلى تفتيت السطوح و ضياع ما تحمله من نقوش و كتابات و ذلك بفعل الضغوط الموضعية التي تصاحب النمو البلوري.

[426]رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور: دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م**، دار هومة، الجزائر، 2002م، ص105، 106

ث2- استعمال مونة الإسمنت:

يؤدي استخدام مونة الإسمنت إلى تسرب ما تحتويه من أملاح إلى سطح الجدران ثم تبلورها في أماكن مخ تلفة منها مما يؤدي إلى تفتت السطوح و ضياع ما تحمله من نقوش وكتابات و زخارف كما أن معامل التمدد الحراري للإسمنت ضعف معامل التمدد الحراري للحجر مما يؤدي إلى إزاحة كتل الكسوة الخارجية [427]، و الأضرحة المدروسة لا تخلو من استعمال الإسمنت في الترميم كما توضحه الصورة رقم (36).



صورة رقم (36): إستعمال الإسمنت في الضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

3-العوامل البيولوجية:

و يقصد بها عوامل التلف المرتبطة بالنباتات و الحيوانات و الحشرات و الكائنات الحية الدقيقة نذكر منها ما يلي:

[427] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص247، 248

3-1-النباتات:

عندما تتجمع مياه الأمطار في التربة التي تحتضن أساسات المباني الأثرية فإن بذور النباتات التي تحملها الرياح و الطيور والتي تستقر عادة في الشقوق و الفواصل ، تحيى وتنموا و قد تصبح أشجارا حقيقية ، و تتسبب هذه النباتات و خاصة عندما تخترق الفواصل و الشقوق في تصدع المباني إذا توفر لها الوقت اللازم لذلك، و من ناحية أخرى فقد لوحظ أن الأساسات المبنية من الأحجار الكربوناتية تتآكل بفعل الإفرازات الحمضية التي تفرزها خلايا الجذور[428]، و قد تسبب جذور الأشجار تمزقا في مواد البناء حتى لو كانت المباني تبعد قليلا عن هذه النباتات.[429]

كما أن تكوين المواد الذبالية نتيجة عمليات التعفن التي تتعرض لها جذور النباتات تتحول إلى وسط ملائم لنمو الكائنات الحية الدقيقة التي تتسبب في تلف المكونات المعدنية والعضوية التي تتكون منها الأحجار و مواد البناء المختلفة.[430]

3-2-الكائنات الحية الدقيقة:

تلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا لا يقل أهمية و خطورة عن عوامل التلف الفيزيوكيميائية و الميكانيكية، و هذه العوامل المختلفة تعمل متجمعة و تتكامل مع بعضها البعض، و تشمل الكائنات الحية الدقيقة البكتيريا و الفطريات و الأشنات و الطحالب ، وتحتاج هذه الكائنات كافة إلى قدر من الماء و م ن ثم فإنها لا تتحمل حالة الجفاف ، ولا البرودة أو الحرارة العالية، و العديد منها لا يعيش في المستويات العالية من الملوحة [431]، وفيما يلي سوف يتم تناول تأثيره ا على مواد البناء تبعا لأنواعها:

---

[428]عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 178

[429] Torraca (G), **matériaux de construction poreux**, op. cit, p51

[430]ابراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص112

[431]كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، **أساسيات ترميم الآثار** ، ترجمة الزهراني (عبد الناصر بن عبد الرحمن)، جامعة الملك سعود للنشر، المملكة العربية السعودية، 2006م، ص 20

أ - **البكتيريا:**

تعتبر البكتيريا من أصغر الكائنات الحية الدقيقة و هي كائنات وحيدة الخلية حيث تتركب من نواة يحيط بها السيتوبلازم و التركيبات الداخلية الأخرى [432]، قد لا ترى بالعين المجردة و لكن فـي العادة يمكن شمها ، حيث أنها تفرز رائحة مميزة و عندما تتوفر بكميات كبيرة قد تظهر إما في شكل بقع ملونة ، حيث أ ن العديد منها ينتج جزئيات صبغية، أو في شكل قشريات أو في شكل مواد لزجة.[433]

و تعتبر البكتيريا الضوئية والتي تستمد طاقتها من ضوء الشمس و من عمليات أكسدة واختزال المواد غير العضوية في الوسط المحيط ، و كذلك البكتيريا ذاتية التغذية التي تستمد طاقتها من أكسدة المواد العضوية في الوسط المحيط من أشهر أنواع البكتيريا التي تسبب أضرار خطيرة لمواد البناء و ذلك لإفرازها أحماضا عضوية مثل حمض الكبريتيك و الأكساليك و الكربونيك التي تتفاعل مع المكونات المعدنية المختلفة لمواد البناء وتتسبب في تلفها.[434]

فللبكتيريا المؤكسدة للكبريت تفرز حمض الكبريتيك الذي يتفاعل مع مادة كربونات الكالسيوم سواء وجدت في المونة الجيرية أو في الأحجار الجيرية و يحولها إلى كبريتات بينما بكتيريا النيتروجين تفرز حمض النيتريك الذي يتفاعل مع كربونات الكالسيوم ويحولها إلى نيترات الكالسريوم القابلة للذوبان في الماء و التي تقوم ا لأمطار في معظم الأحوال بإزالتها، كما أن الأحماض التي تفرزها البكتيريا تتسبب في تلف المكونات المعدن ية مثل السليكا التي قد توجد في المونة أو الأحجار حيث ينتج عن هذا التفاعل ح دوث تكسير كيميائي لهذه السيليكا، و تعتبر ا لبكتيريا الضوئية و ذاتية التغذية من أنواع البكتيريا التي

---

[432] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 106

[433] كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، **أساسيات ترميم الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 23

[434] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 106.

تسبب أضرار خطيرة بمواد البناء حيث ينتج بيكربونات الكالسيوم لتتفاعل كربونات الكالسيوم مع CO_2 بواسطة البكتيريا كما في المعادلة:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

و كبريتات الكالسيوم التي تكونت نتيجة التفاعلات الكيميائية و العضوية تتميز بارتفاع معامل تمددها الحراري الذي يبلغ 5 أضعاف تمدد الكالسيت ، كما تؤثر بعض أنواع البكتيريا على الحجر الجيري المعالج بالبوليميرات حيث تعمل على انخفاض متانته وخواصه الميكانيكية.[435]

ب -الفطريات:

تعتبر الفطريات من أوسع الكائنات الحية انتشارا و تتكون الفطريات الأولية من خلية واحدة مستديرة و بيضوية الشكل، و لكن أغلب الفطريات يتكون الجسم الفطري لها من عديد من الخلايا تكون خيوط متفرعة ، و تؤثر درجة الحرارة و الرطوبة و الرقم الهيدروجيني عليها و لا شك أن الفطريات بأنواعها و أجناسها عندما تهاجم مواد البناء تسبب في تشويه المظهر الخارجي لها و ذلك لتكوينها تجمعات و مستعمرات ذات ألوان مختلفة خضراء أو رمادية أو بيضاء أو ذات لون بني، و قد ثبت أن الخلايا الفطرية تفرز أحماضا عضوية ذات درجة عالية مثل حمض اللكتيك و حمض الأكساليك و حمض الأستيك و حمض الجليكوليك و حمض البروفيك و هذه الأحماض تتفاعل مع مكونات مواد البناء و خاصة مادة كربونات الكالسيوم و تعمل على إذابتها، و يساعد التكثف على نمو العفن الفطري للمونات و مواد البناء و ذلك على الجدران و الأسقف، و لا يقتصر مهاجمة الفطريات لأسطح مواد البناء بل تتغلغل الخيوط الفطرية و تنمو داخل التركيب المسامي لمواد البناء ما يؤثر عليها ميكانيكيا و ذلك نتيجة الضغوط الموضعية الناشئة

---

[435] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 107، 108

عن النمو الطبيعي للخيوط الفطرية ، كما تؤثر أيضا على المكونات المعدنية من خلال تأثيرها على إذابة المواد الكربوناتية ومعادن السليكات خاصة الميكا و البيروكسين والأوليفين و ذلك لزيادة معدلات الحموضة في البيئة، كما أن هناك بعض الأنواع من الفطريات مثل Aspergillus nigar يمكنها إنتاج كمية كبيرة من حم ض الستريك والأكساليك و تكوين الأملاح.[436]

ت -الطحالب:

هي نباتات بسيطة جدا تعيش في الأماكن الرطبة أو في مياه البحر أو المياه العذبة، ويمكن أن تظهر في شكل وحل أخضر أو بني اللون أو عوالق في الماء، و يعد النوع البحري أكبر أنواع الطحالب.[437]

تهاجم الطحالب باستمرار مواد البناء في الأجواء شديدة الرطوبة أو في الأقاليم الإستوائية أو الكهوف ، و نادرا ما تتغلغل الطحالب في عمق مواد البناء، و بالرغم من ذلك فإنه تم الإستدلا ل على نوع من الطحالب يثقب الحجر ، و يسبب انتفاخ وا نفلاق الصخور.

إلا أن التلف الأكثر شيوعا الذي تسببه الط حالب النباتية هو تحلل الأسطح و يكون هذا التحلل خطير و يحدث أضرار بالغة ، إذا كانت أسطح المواد منحوتة أو مرسوم عليها، و تحتاج الغالبية العظمى من الطحالب إلى الطاقة الضوئية للقيام بوظائفها الحيوية، لذلك نجدها تنمو في الكهوف غالبا على الأسطح المعرضة للضوء فقط.[438]

---

[436] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 108، 109.

[437] نفسه، ص 22

[438] Torraca (G), op.cit, p 50

تعمل الطحالب على إفراز العديد من الأحماض مثل حمض الأكساليك و الكبريتيك التي تتفاعل مع المكونات المعدنية لمواد البناء مثل كربونات الكالسيوم مؤدية إلى تحولها إلى مواد قابلة للذوبان.[439]

ث -الأشنات:

و هي كائنات ذات ألوان متعددة تتكون من كائنين مختلفين (فطر و طحلب) يعيشان معيشة تكافلية، و هي تتميز ببطء نموها و قدرتها على تحمل الجفاف التام لفترة طويلة وكذلك البرودة و الحرارة و تنمو أفضل في الجو الرطب ، و العوامل المناخية المفضلة غالبا للأشنة هي الضوء الم باشر و درجة حرارة معتدلة و رطوبة ثابتة و هواء نقي، كما تؤثر الرياح على نموها ، حيث تستطيع الرياح و التيارات الهوائية حمل جراثيمها إلى مسافات بعيدة و في حالة توفر الظروف البيئية المناس بة للنمو تبدأ في النشاط و النمو ، وتلعب الأشنة دورا هاما في تلف مواد البناء المختلفة و التي تحتوي على نسبة عالية من الرطوبة و لا يقتصر دورها على التلف الكيميائي السطحي بل يتع داه إلى التأثير الميكانيكي أيضا، و تقوم الأشنة بتكوين طبقات إسفنجية ذات لون رمادي أو أبيض فوق سطح الأحجار و تتميز هذه الطبقات الإسفنجية بقدرتها على امتصاص الرطوبة من الجو و لهذا السبب فإن المناطق التي تحتوي على تجمعات للأشنات تتميز بارتفاع نسبة رطوبتها و حجز الماء حولها ما يؤدي إلى تلف مواد البناء.

و لا يتوقف نمو الأشنة على السطح بل يتغلغل داخل التركيب المسامي و الداخلي لمواد البناء و التي قد تصل إلى عدة مليم ترات، بالإضافة إلى الأحماض العضوية التي تفرزها مثل حمض الأكساليك و النتريك مؤدية إلى تكون أكسلات الكالسيوم في حالة مهاجمة الأحجار الكربوناتية أو المونات المحتوية على مادة كربونات الكالسيوم و بالتالي تشكل حفر على أسطح الأحجار أو المونات و يحدث ذلك على الأسطح المعرضة

[439] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 112

لأشعة الشمس و ماء المطر و الرطوبة المرتفعة نتيجة المياه الأرضية ، و قد لوحظ أن نمو الأشنات وازدهارها يكون أكثر خلال أشهر الشتاء و ذلك لارتفاع معدلات الرطوبة.[440]

3-3-الحيوانات:

أ -الفئران:

عندما تغزو الفئران أحد المباني الأثرية و تستوطن به فإنها تصيبه بأضرار قد يصعب التغلب عليها خاصة و أنها تتوالد بأعداد كبيرة ، فالفئران تتخذ من الشقوق الموجودة عادة بالمباني القديمة مضاجع لها و قد تحفر جحورا تمتد إلى مسافات كب يرة في الجدران أو أسفل الأساسات ، الأمر الذ ي يؤدي إلى اختلال توازن المبنى و تصدعه إذا ما توفر الوقت اللازم لذلك، و من ناحية أخرى فإن تكاثر الفئران بالمباني القديمة يحولها إلى أماكن قذرة كريهة الرائحة.[441]

ب -الوطاويط:

الوطواط حيوان ثدي ينتمي إلى رتبة الخفاشيات التي تنتمي للثديات المشيمية، و هي تنتشر في كل أنحاء العالم و منها آكلات الحشرات و آكلات الثمار و تلك التي تمتص الدماء، و تتلف الوطاويط المباني الأثرية عن طريق تشويه جدرانها بما تخلفه من مخلفات يصعب إزالتها بالتنظيف.[442]

ت-الطيور:

الفعل التخريبي للطيور ذو طبيعة كيميائية و ميكانيكية في نفس الوقت، الفعل الكيميائي ناتج عن فضلات هذه الطيور التي تحتوي على الآزوت العضوي، الفوسفات ،

---

[440]إبراهيم (محمد عبد الله)، **<u>مبادئ ترميم و حماية الآثار</u>**، مرجع سبق ذكره، ص 110، 111

[441]عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص 257

[442]إبراهيم (محمد عبد الله)، **<u>مبادئ ترميم و حماية الآثار</u>**، مرجع سبق ذكره، ص 114

الصوديوم، البوتاسيوم و الكالسيوم، درجة ال PH لفضلات الطيور يتراوح عادة ما بين 5 إلى 8، بعض الأحماض كحمض الفوسفوريك (H_3PO_4) و حمض النيتريك (HNO_3) تتفاعل كيميائيا مع الكربونات لتشكل فوسفات ($Ca_3(PO_4)_2$) أو نيترات ($Ca(NO_3)_2$) وتسبب في تآكل الحجارة.[443]

ث- الحشرات:

النمل الأبيض: يعتبر النمل الأبيض حشرة مدمرة للمباني الأثرية فهي تحفر أنفاقا عادة تحت الأساسات و يتسبب بذلك في خلخلة التربة ، الأمر الذي قد يؤدي إلى اختلال المباني و يهاجم النمل الأبيض كذلك الأخشاب المستخدمة في المباني ليتخذ منها غذاء له فيفتتها ويفقدها صلابتها.[444]

النحل البري: لا يحدث النحل البري تلفا مباشرا بالمباني الأثرية، لكنه يبني أعشاشا شديدة الصلابة من الطين على جدران المباني الموجودة بالم ناطق النائية البعيدة عن العمران، وبعض الإفرازات العضوية تتسبب في تشويه مظهر الجدران و إتلاف ما تحمله من نقوش و كتابات.[445]

[443] Caneva (G), Salvadori (O), "altération biologique de la pierre" dans: **La dégradation et la conservation de la pierre** , texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre, publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985, p.159

[444] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص257

[445] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 180

الخلاصة:

تتأثر مواد البناء بصفة عامة و الصخور بصفة خاصة بعوامل التلف المختلفة التي تتعلق أساسا بخصائص المادة كالتغير في التركيب المعدني للصخر و المسامية عن طريق نفاذ الماء و الأملاح إلى داخل الصخر، حيث يزداد حجم الماء بتغيره من الطور السائل إلى الصلب و كذا تنموا البلورات الملحية نتيجة تغذيتها بالمحاليل الملحية ما يسبب ضغوط داخلية في الصخر ما يعمل على ظهور التشققات الدقيقة في الأماكن الهشة من السطح و تزداد هذه التشققات اتساعا بتكرار هذه العملية.

أما العوامل الخارجية فيمكن تلخيصها في العوامل الفيزيوكيميائية كالرطوبة الناتجة عن مياه الأمطار أو بخار الماء في المناطق الساحلية أو المياه الأرضية، و تساهم الرطوبة في تنشيط نمو النباتات على المباني الأثرية التي سوف ت ؤثر بدورها في تلف المبنى من خلال الأحماض التي تفرزها الجذور، أو التشققات نتيجة نموها، أما العوامل الميكانيكية فتشمل كل من الرياح و الإهتزازات نتيجة حركة النقل الثقيل و الزلازل بالإضافة إلى العامل البشري الناتج عن قلة الوعي بقيمة تلك المباني الأثرية، و أخير ا العوامل البيولوجية التي تتمثل في النباتات و الطحالب و الأشنات و غيرها.

الفصل الثاني :

مظاهر التلف

الفصل الثاني: مظاهر التلف

تمهيد

1 التقشر

2 تفتت الصخر

3 التلف البيولوجي

4 التشققات و الشروخ

5 التجوف

6 تخشن السطح

7 الإضرار بالأساسات

8 تغير اللون

9 الطفح الملحي و التزهر

10–الكتابة على الحجر

11–فقدان بعض الأجزاء

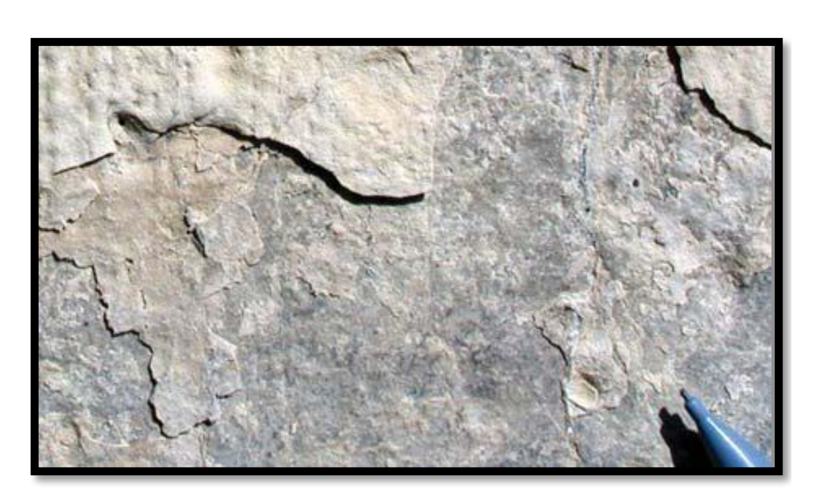
الخلاصة

تمهيد:

تتسبب عوامل التلف المختلفة في أضرار على المباني الأثرية تختلف درجتها حسب طبيعة مادة البناء و كذا حدة العوامل المؤثرة على المبنى، فالأمطار مثلا عادة ما تسبب في تغير لون الصخر و لكنها أيضا تسبب في حدوث تخشن للسطح نتيجة حموضتها، و يمكن أن يكون تخشن السطح أيضا ناتج عن الرياح المحملة بالرمال أو الأحماض العضوية التي تفرزها الأشنات، و نتيجة تغير العوامل المؤثرة على المباني الأثرية تختلف مظاهر التلف التي نصادفها على السطح و أهم هذه المظاهر نجد : التقشر، التشققات، تغير اللون، تزهر الأملاح، تخشن السطح و غيرها.

1-التقشر:

تقشر السطح هي عملية من عمليات التجوية الميكانيكية تؤدي إلى تفكيك سطح الكتل الصخرية إلى قشور أو رقائق صلبة كما توضحه الصور رقم (37)، و هناك ثلا ثة تفسيرات مقبولة لعملية التقشر:



صورة رقم (37): تقشر السطح
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، النسخة الإنجليزية العربية، ص 25

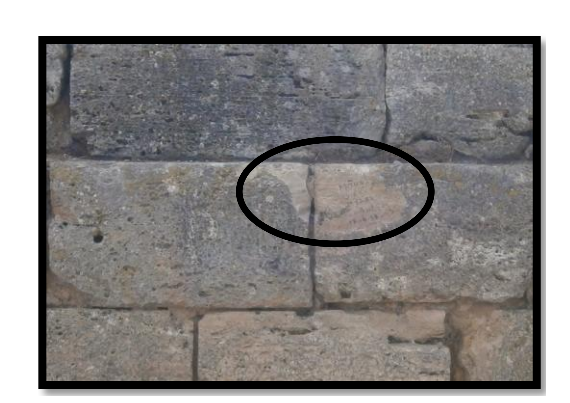
- التغيرات اليومية و الفصلية في درجات الحرارة مما ينتج عنه تمدد و ت قلص الصخر لدرجة تكفي لتقشر سطحه ، و نظرا لأن الصخور تتألف من معادن تختلف معدلات تمددها وانكماشها فإن قوى الضغط المولدة تكون متغايرة في جسم الصخر مما يؤدي إلى تكوين بعض الشر وخ و الشقوق في الكتلة الصخرية وتسبب تساقط أجزاء من هذا الصخر.
- تمدد سطح الصخر بسبب تميؤ الفلسبار ليكون كاولين.[446]
- خفة الضغط الداخلي بسبب تعرية الكتل السطحية و تحدث هذه العملية في المناطق الحارة نتيجة ارتفاع درجة حرارة الصخر أثناء النهار و برودته أثناء

[446] عبد الله يوسف (الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 2، مؤسسو الكويت للتقدم العلمي، الطبعة الأولى، الكويت، 1998م، ص 95

الليل، مما يؤدي إلى تمدد و تقلص السطوح الصخرية بناءا على معامل التمدد والتقلص، و بتوالي عملية التمدد و التقلص تتكسر الكتل على شكل قشور صخرية خاصة عند الأركان و تأخذ شكلا مستديرا.

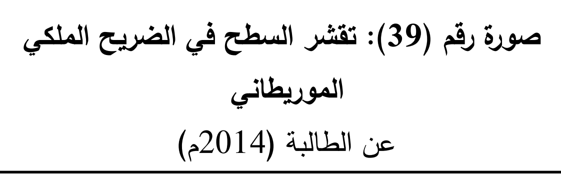
و هذه العملية غالبا ما تساعدها عوامل أخرى كالتجوي ة الكيميائية (التحلل الكيميائي)، و هي شائعة الحدوث في المناخ الرطب فتميؤ معادن السليكا في الصخر قرب السطح خلال رشح الماء بما يحمله من ثاني أ كسيد الكربون يؤدي إلى تمدد السطح الخارجي للصخر خاصة عند أطراف و أركان فواصل الكتل الصخرية حيث يمكن توغل الرشح من عدة اتجاهات و بالتالي يتوالى انفصال القشور الصخرية التي تميل إلى تكوين أشكال مستديرة.[447]

إنفصال الحجر كقشرة أو كومة من القشور لا تتبع بنية الحجر و تنفصل مثل قشرة السمك أو قد تكون متوازية مع سطح الحجر، و تكون سماكة القشرة عادة ما بين بضعة ميليمترات و بضعة سنتمترات [448]، و تقشر الصخور يبدو جد واضح في الأضرحة المدروسة كما هو مبين في الصور رقم (38، 39، 40) .



صورة رقم (38): تقشر السطح في ضريح الخروب
عن الطالبة (2015م)





صورة رقم (39): تقشر السطح في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

[447] عبد الله يوسف (الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 2، مرجع سبق ذكره، ص 95،96

[448] مسعود (حميان) و آخرون، **المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة**، النسخة الإنجليزية العربية، ديوان المطبوعات الجامعية، 2016م، ص 26



صورة رقم (40) : تقشر السطح في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2015م)

2-تفتت الحجر:

تفتت الحجر هو انفصال مجموعات من الحبيبات من طبقة الحجر السفلى الأساسية، وتكون عادة محدودة الحجم (أقل من 2 سم) و يعتمد الحجم على طبيعة الحجر وبيئته.[449]

يتفتت الحجر و يتحول إلى مسحوق في كثير من الأحيان عند السطح فقط كما توضحه الصور رقم (41، 42، 43)، و هذا أشبه بالتعرية الجيولوجية التي تحدث نتيجة لفعل الصقيع و الغزو الملحي، و هي مشكلة عامة في الصخور الرسوبية.[450]



صورة رقم (41): تفتت الصخر
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 45



صورة رقم (42): تفتت الحجر في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

[449] مسعود (حميان) و آخرون، **المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة**، النسخة الإنجليزية العربية، مرجع سبق ذكره، ص 20

[450] كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، **أساسيات ترميم الآثار**، ترجمة الزهراني (عبد الناصر بن عبد الرحمن)، جامعة الملك سعود للنشر، المملكة العربية السعودية، 2006م، ص 157



صورة رقم (43): تفتت الحجر في ضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2009م)

3-التلف البيولوجي:

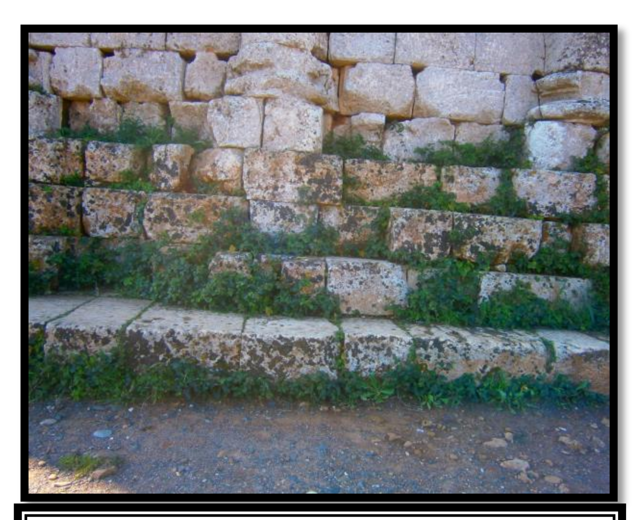
3-1 نمو النباتات:

إذا لم تكن هناك صيانة دورية للمعلم الأثري سوف يتعرض في نهاية المطاف إلى الغزو من طرف مختلف أنواع النباتات و الحشائش كما توضحه الصور رقم (44، 45، 46، 47)، حيث تتوغل جذورها داخل الفراغ ات و الشقوق أين يتوفر لها الماء ، و أثناء نموها ستساهم في تشقق الحجر ، كما تؤثر النباتات على مختلف عوامل التلف الأخرى كالرطوبة والأملاح.[451]



صورة رقم (44): نمو النباتات

عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة ، ص 75



صورة رقم (45) : نمو النباتات في الضريح الملكي الموريطاني

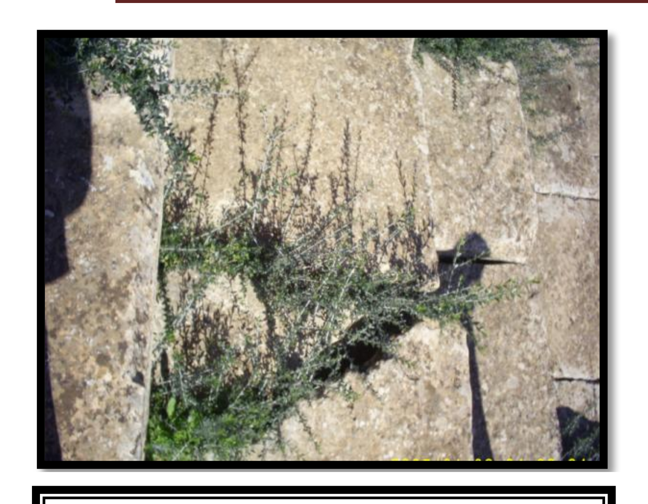
عن الطالبة (2016م)

[451] مسعود(حميان) و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 74



صورة رقم (46): نمو النباتات في ضريح الخروب

عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (47): نمو النباتات في ضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2009م)

3 2 الأشنات:

هي كائنات حية تنمو في مستعمرات ترى بالعين المجردة، مرتبطة بالطحلب والفطر، لها القدرة على تحمل درجات عالية من الجفاف و الرطوبة، ومثل الكائنات الحية الفردية الأخرى، فهي هوائية و تفرز كمية كبيرة من الأحماض العضوية[452]، والصور رقم (48، 49، 50، 51) توضح مظهر الأشنات على سطح الحجارة.



صورة رقم (48) : الأشنات

عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 69



صورة رقم (49) : نمو الاشنات في الضريح الملكي الموريطاني

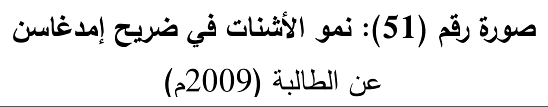
عن الطالبة (2016م)

[452] كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، مرجع سبق ذكره، ص 23



صورة رقم (50): نمو الأشنات في ضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)





صورة رقم (51): نمو الأشنات في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2009م)

تشكل الأشنات بقع قشرية أو كثيفة و تكون دائرية الشكل بحجم يبلغ عدة ملمترات أو سنتمترات ، و غالبا لها مظهر جلدي، و تنموا ع ادة على الأجزاء الخارجية للمبنى ، ويمكن أن تكون على عدة ألوان كالرمادي أو الأصفر أ و البرتقالي أو الأخضر أو الأسود.[453]

3 3 الطحالب:

الطحالب هي كائنات نباتية مجهرية ، ليس لها جذع أو أوراق ، يمكن مشاهدتها في الخارج أو الداخل كترسبات على شكل مسحوق أو تكون لزجة ، سماكتها ما بين عشر المليمتر و عدة مليمترات، و تشكل الطحالب مناطق خضراء أو حمراء أو بنية أو سوداء اللون تشبه العروق حيث تكون الطبقة الحجرية السفلى رطبة لفترات زمنية طويلة ، واعتمادا على الأحوال البيئية و نوع طبقة الحجر السفلى قد تشكل الطحالب طبقات متينة

[453] مسعود حمين و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 69

أو غشائية ناعمة ، و تتكون الطحالب الموجودة على المباني من كتل أحادية الخلية أو مجموعات متعددة الخلية، و لا تشكل أبدا كائنات كبيرة.[454]

يمكن أن تظهر الطحالب في شكل وحل أخضر أو بني اللون أو عوالق في الماء ، وتعطي الزيادة المفاجئة في أعدادها لونا ناصعا كثيفا يعرف بالتزهر [455]، و الصور رقم (52، 53، 54) توضح نمو الطحالب على مواد البناء.

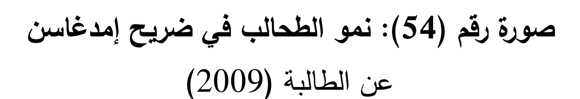


صورة رقم (52): الطحالب
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 67



صورة رقم (53): نمو الطحالب في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2016م)





صورة رقم (54): نمو الطحالب في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2009)

[454] مسعود (حميان) و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 66
[455] كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، مرجع سبق ذكره، ص 22

3-4- العفن:

عبارة عن فطريات مجهرية، تبدو من خلال العين المجردة كغشاء ناعم أو كشبكة من البقع ذات الخيوط الدقيقة المتعددة الألوان (الأبيض، الرمادي و الأسود) كما توضحه الصور رقم (55، 56)، و يؤدي العفن إلى أضرار خطيرة من خلال النشاط الكيميائي بالإضافة إلى تغيير اللون، و بما أن العفن يحتاج إلى مواد عضوية فإنه غالبا ما ينموا على نتاج الطحالب الموجودة في الحجر ، كما يساهم التلوث العضوي للجو في نمو العفن أيضا.[456]

صورة رقم (55): انتشار العفن
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص67



صورة رقم (56) : انتشار العفن في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2016م)

4-التشققات أو الشروخ:

تحدث التشققات عندما يتأثر الحجر المسامي بالصقيع كما توضحه الصورة رقم (57)، أو صدأ الأوتاد الحديدية التي تغرس داخل الحجارة أثناء الترميمات بالإضافة إلى جذور النباتات التي تخترق الحجر المسامي بالتالي تشقق المناطق المحيطة بها[457] كما قد تتسبب الزلازل في إحداث شروخ في المبنى الأثري.

[456] مسعود (حميان)، مرجع سبق ذكره، ص 72

[457] كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، مرجع سبق ذكره، ص163



صورة رقم (57): تشقق الصخر
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة ، ص 11

يمكن تقسيم هذه الشروخ على النحو الآتي:

أ -**شروخ دقيقة (شعرية):**

و هي شروخ سطحية لا تمثل خطورة بالغة على العناصر المعمارية.

ب - **شروخ عرضية:**

يوجد هذا النوع من الشروخ في عرض الجدران و وجودها يعبر عن تزحزح الأحجار ومواد البناء المستخدمة في هذه الجدران.

ت - **شروخ عميقة:**

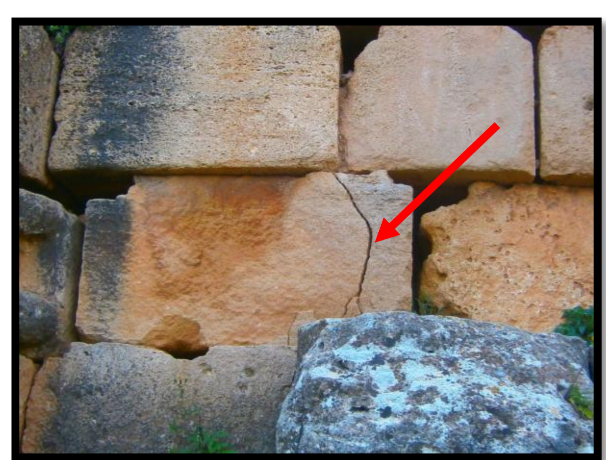
يظهر هذا النوع من الشروخ في المباني التي تتعرض للزلازل أو التفجيرات المختلفة أو تتعرض لتذبذب مستوى المياه في التربة التي شيدت فوقها و هذه الشروخ تعتبر من أهم الدلائل على أن العناصر المعمارية التي يتكون منها المبنى معرضة للتصدع أو الإنهيار الكلي أو الجزئي .[458]

[458]محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، دون تاريخ، ص 267، 268

ث - شروخ عرضية مفتوحة:

يعتبر هذا النوع من الشروخ الخطيرة التي تكاد تشق بعض العناصر المعمارية كلية وتسبب في زحزحة مداميك الحجر المستخدمة في البناء.

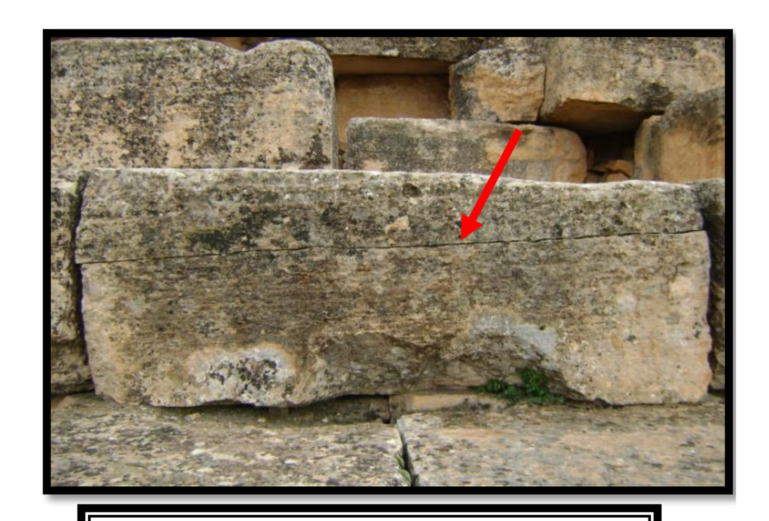
و نجد التشققات واضحة على كل المعالم الجنائزية المدروسة كما توضحه الصور رقم (58، 59، 60).



صورة رقم (58): التشققات في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)



صورة رقم (59): التشققات في ضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (60): التشققات في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2009م)

5-التجوف:

عبارة عن تشكيل فجوات أو نخاريب على سطح الحجر التي قد تكون مترابطة مع بعضها، و قد يكون لها عدة أشكال و أحجام كما توضحه الصور رقم (61، 62، 63،64)، و التجوف هو نوع من التجوية المتباينة التي قد تكون نتيجة عدم التجانس في الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للحجر ، و قد تحصل الفجوات مع أنماط أخرى من الضرر مثل التفكك الحبيبي والتقشر.[459]

صورة رقم (61): تجوف الصخر
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 29



صورة رقم (62): التجوف في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)



صورة رقم (63): التجوف في ضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (64): التجوف في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2009م)

[459] مسعود (حميان) و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 28

6-تخشن السطح:

التخشن هو فقدان انتقائي لجسيمات من مسطح حجري أملس، بينما تكون بنية الحجر تحت السطح سليمة، و قد يظهر هذا النوع تدريجيا في حال التلف على المدى البعيد أو على الفور في حال إجراء الأعمال غير الملائمة مثل التنظيف الحاد.[460]

كما يتسبب الحمض في ذوبان الحجارة الجيرية و الرخام عندما يت راوح الرقم الهدروجيني بين 4 و 7، و كذلك يسبب ماء المطر الملوث و الأحماض العضوية التي تفرزها الأشنات تخشن السطوح الحجرية[461]، و الصور رقم (65، 66، 67، 68) توضح تخشن السطح.



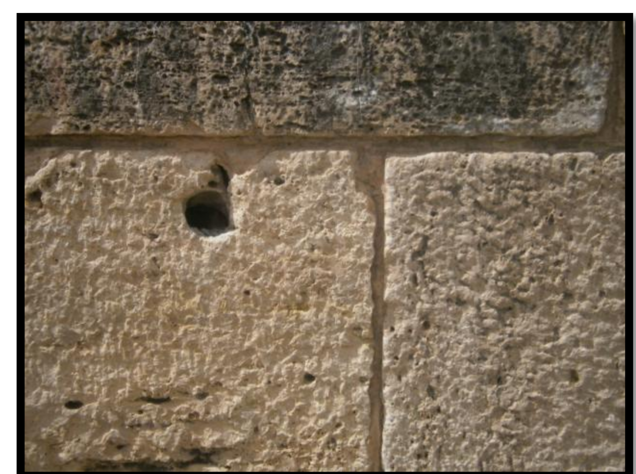
صورة رقم (65): تخشن السطح
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة ، ص 31



صورة رقم (66): تخشن السطح في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

[460] مسعود (حميان و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 30

[461] كرونين (ج.أم) ، روبنسون (و.س.)، مرجع سبق ذكره، ص163



صورة رقم (67): تخشن السطح في ضريح الخروب
عن الطالبة (2015م)



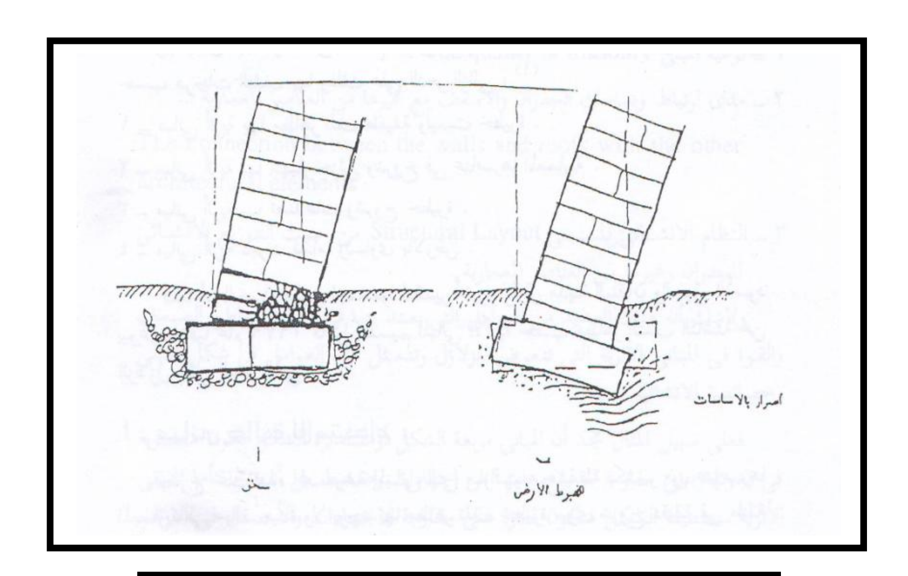
صورة رقم (68): تخشن السطح في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (أوت 2009)

7-الإضرار بالأساسات :

يحدث هبوط في الأرضيات أو تكسر للأعمدة و الدعامات كما يوضحه الشكل رقم (53) نتيجة تعرض المباني الأثرية للهزات الأرضية، و خاصة عندما لا تكون الأعمدة والدعامات مثبتة جيدا في تلك الأرضيات، ففي مثل هذه الظروف يحدث انفصال بين الأرضيات و الأعمدة و الدعامات الأمر الذي يؤدي إلى تعرض العناصر المع مارية للإنهيار الكلي أو التصدع الجزئي، و يمكن التعرف على مدى الأضرار التي حدثت للأساسات من خلال الميل الذي حدث للجدران و الأ عمدة بدءا من أقصى ارتفاع لها وحتى قواعدها نتيجة هبوط الأرضيات، كما تعتبر الشروخ الموجودة في الأجزاء السفلية من المباني الأثرية و التي نشأت بفعل الزلازل من أهم الدلائل على تلف أساسات تلك المباني.[462]

---

[462] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 260-267



شكل رقم (53): الإضرار بالأساسات
عن: محمد (عبد الهادي محمد)، دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية، ص 260

8-تغير اللون:

من المحتمل أثناء تنظيف الحجر الأثري المسامي أن تنتقل الأوساخ من سطح الحجر إلى د اخله، حيث يغدو من المستحيل إز التها، كما أنه ليس من السهل إزالة الأوساخ اللزجة و السناج، و لربما أصبحت جزءا منه، ففي البيئات الملوثة بكثافة يتفاعل الحجر الجيري و الرخام مع ثاني أكسيد الكبريت في الهواء ، منتجا بلورات كبريتات الكالسيوم التي تحبس جزيئات السناج في شكل طبقة مسودة السطح.[463]

و قد يكون تغير اللون ناتج عن وجود الأملاح، أو تآكل المعادن (مثل الحديد، المنغنيز، الرصاص و النحاس) أو الكائنات المجهرية، أو نتيجة التعرض للحرائق.
إن بعض الأنماط النموذجية لتغير اللون للأصفر و البرتقالي و البني و الأسود هي نتيجة وجود الجزريات و الميلانين التي تنتجها الفطريات و البكتيريا الزرقاء، و قد يكون للأماكن التي تصبح داكنة بسبب الرطوبة أشكال مختلفة وامتداد حسب مصدرها : تسرب

[463] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 163

الأنابيب، الرطوبة الصاعدة، السلوك الرطوبي نتيجة وجود الأملاح و التكثيف [464]، كما توضحه الصور رقم (69، 70، 71، 80).



صورة رقم (69): تغير اللون

عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 47



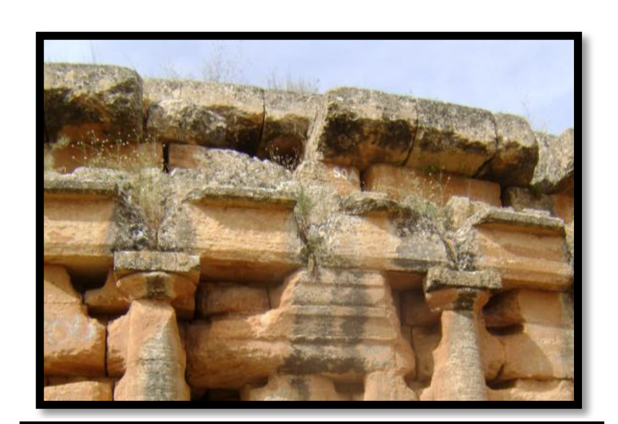
صورة رقم (70): تغير اللون في الضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (مارس 2016)



صورة رقم (71): تغير اللون في ضريح الخروب

عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (72): تغير اللون في ضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2009م)

[464] مسعود (حميان) و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 46

9-الطفح الملحي و التزهر:

الطفح الملحي عبارة عن بلورات على السطح عادة ما تكون بيضاء اللون كما توضحه الصور رقم (73، 74، 75)، و على شكل مسحوق أو خطوط طولية ، و هي عادة غير متماسكة بشكل جيد مع سطح الحجر، يتكون الطفح الملحي نتيجة تبخر مياه ملحية موجودة في مسامات الحجر ، و في أغلب الأحيان تتكون من الأملاح الذائبة مثل كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم، أو كبريتات المغنيزيوم ، إلا أنها قد تتكون أيضا من معادن ذات قابلية أقل للذوبان مثل الكالسيت و كبريتات الباريوم و السيليكا الغير متبلورة، أما التزهر فهو مصطلح يستخدم في حال حدوث التبلور داخل المادة.[465]



صورة رقم (73): الطفح الملحي

عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 49



صورة رقم (74): الطفح الملحي في الضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (75): الطفح الملحي في ضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2009م)

[465]مسعود (حميان) و آخرون، مرجع سبق ذكره، ص 48

10-الكتابة على الحجارة:

من السلوكات السلبية الصادرة عن رواد المعالم و المواقع الأثرية نجـد الملامسة والكتابة على الآثار، و تعد هذه الأخيرة ظاهرة شائعة فلا تكاد تزور موقعا أو معلما أثريا إلا وتجد على جدرانه هذه الكتابات المختلفة.[466]

و تعرف هذه الكتابات على أنها حفر أو خدش أو استخدام الدهان أو الحبر أو مواد أخرى مشابهة على سطح الحجر [467]، و الصور رقم (76، 77، 78، 79، 80، 81، 82، 83) نموذج عن هذه الكتابات.



صورة رقم (76):الكتابة على الحجر عن طريق الخدش
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 57



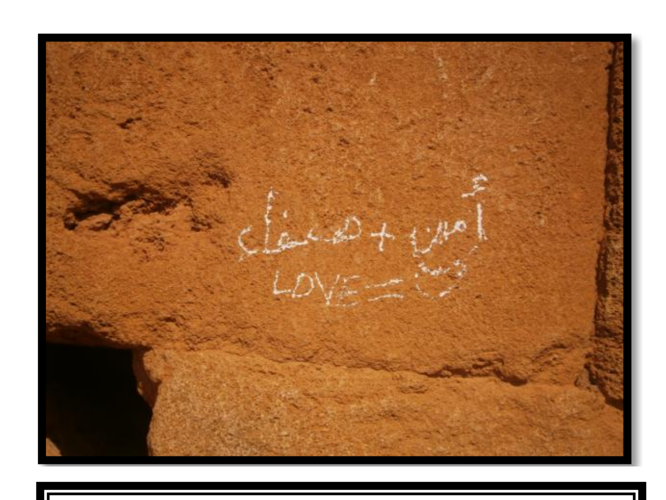
صورة رقم (77):الكتابة على الحجر باستعمال الألوان
عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ، ص 57

---

[466]عبد القادر (دحدوح)، <<أثر العوامل البشرية في تلف المعالم و المواقع الأثرية >>، مجلة آثار العدد 07 ، جامعة الجزائر 2008، ص137

[467]مسعود (حميان وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص 56

صورة رقم (78): الكتابة على الحجر بالخدش في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)



صورة رقم (79): الكتابة على الحجر بالألوان في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

صورة رقم (80): الكتابة على الحجر بالخدش في ضريح الخروب
عن الطالبة (سبتمبر 2015))



صورة رقم (81): الكتابة على الحجر بالألوان في ضريح الخروب
عن الطالبة (2015)



صورة رقم (82) :الكتابة على الحجر بالألوان في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2009م)



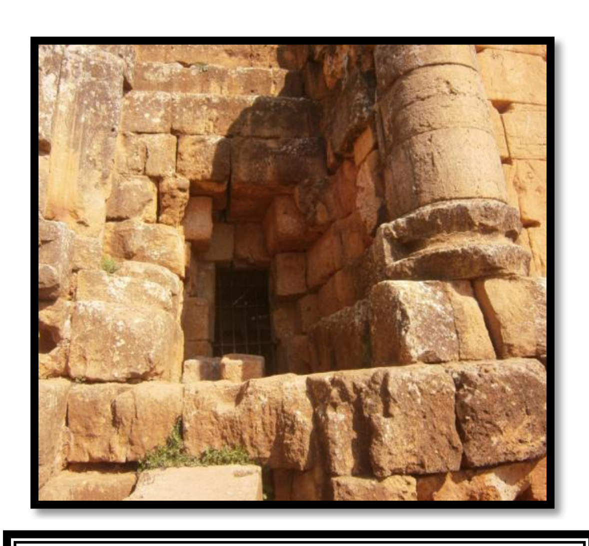
صورة رقم (83): الكتابة على الحجر بالخدش في ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2009م)

11-فقدان بعض الأجزاء:

مساحات فارغة تمثل بشكل واضح منطقة كانت سابقا جزءا من الحجر ، و تكون الأجزاء البارزة لمنحوتات و خاصة المكشوفة منها أماكن نموذجية لفقدان المواد مما يشكل أجزاء مفقودة[468]. و الصور رقم (84، 85، 86، 87) تمثل بعض الأجزاء المفقودة في الأضرحة المدروسة.

صورة رقم (84): فقدان جزء من المبنى

عن: مسعود (حميان) و آخرون، المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة، ص 37



صورة رقم (85): فقدان الباب الوهمي الجنوبي في الضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

صورة رقم (86) : فقدان الجزء العلوي في ضريح الخروب

عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (87) : فقدان بعض حجارة البناء في ضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2009)

[468] مسعود(حميان)، مرجع سبق ذكره ، ص 36

الخلاصة:

تتعدد مظاهر التلف على المعالم الأثرية باختلاف موقعها الجغرافي، أو حسب العوامل المؤثرة عليها، و يعد العامل الطبيعي من أشد هذه العوامل خطورة لصعوبة أو استحالة التحكم فيه في معظم الأحيان، كالتغير المستمر في درجات الحرارة و الرطوبة والأمطار و غيرها، و نظرا لموقع ال ضريح الملكي الموريطاني الذي يتواجد بقمة تشرف على البحر فقد تأثرا كثيرا بالأملاح و رذاذ البحر بالإضافة إلى الرطوبة العالية التي تتميز بها المنطقة على مدار العام ما جعل الضريح عرضة للإستيطان البيولوجي خاصة على مستوى الهرم المدرج و كذا بين حجارة القاعدة، كما يلاحظ في الواجهة الشمالية للضريح و التي تقابل البحر تلون حجارتها بالأبيض نتيجة الأملاح، أما ضريح الخروب فتكثر فيه التجاويف على الصخور التي بني بها الضريح بالإضافة إلى كثرة الأشنات عليها، كما لم يسلم ضريح إمدغاسن من مظاهر التلف المتلفة خاصة الكتابات و الخدش على حجارة البناء و كذا التشققات و تغير لون الصخر نتيجة الأمطار.

الفصل الثالث:

طرق الصيانة و الترميم

الفصل الثالث: طرق الصيانة و الترميم

تمهيد

أولا: التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من أخطار التلف المختلفة

1-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الفيزيوكيميائية

2-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الميكانيكية

3-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل البيولوجية

ثانيا: التقنيات العلمية المستخدمة في علاج و صيانة الأحجار

1-عمليات التنظيف

2-إزالة الأملاح

3-التقوية

4-الترميم

5-تأهيل المباني الأثرية

الخلاصة

تمهيد:

إن عملية الصيانة و الترميم للمباني الحجرية أكانت أضرحة جنائزية أو مباني تاريخية هي عملية ذات طبيعة خاصة لابد أن تمارس من منطلق الخبرة الواسعة والدراسة الكاملة لطبيعة و خصائص مادة البناء حتى لا تفقد هذه العملية الغرض منها، فكم أضاع الترميم الخاطئ آثارا نادرة، و انطلاقا من هذا لا بد أن تتلاءم و تتنوع عمليات الترميم حسب نوعية و خصائص الحالة المطلوب ترميمها من حيث مادتها و شكلها ومظهرها وسماتها الفنية و ذلك عن طريق احترام مبادئ الحفظ و الترميم، و لحماية المباني الأثرية من أخطاء الترميم الخاطئ يجب أن تتم أعمال الصيانة و الترميم في إطار القواعد الآتية:

- تحديد خصائص المادة المستعملة في البناء
- تحديد عوامل التلف لدراسة تأثيرها و كيفية الحماية منها
- تحديد مظاهر التلف و دراسة الظروف الطبيعية التي يوجد فيها الأثر
- دراسة الأساليب المتبعة في الصيانة و الترميم لاختيار أنسب أسلوب

أولا: التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من أخطار التلف المختلفة:

تتفاوت المباني التاريخية من حيث عمرها، و كذلك من حيث حالتها قوة و ضعفا، إلا أنها جميعها تحتاج إلى تدابير وقائية و علاج بصورة مستمرة، لحمايتها من الزوال والإندثار، و مدها بأسباب القوة و البقاء.

1-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الفيزيوكيميائية:

1-1 الرطوبة الناتجة عن الأمطار:

من الصعب تجنب أخطار الأمطار أو اتخاذ تدابير للوقاية منها إلا في أحوال محدودة جدا، و أهم شيء في هذا المجال هو التخفيف من تأثيرها و ذلك بزيادة مقاومة البناء وإزالة نقاط الضعف التي تنفذ منها مثل هذه التأثيرات.[469]

لحماية المبنى من تأثير مياه الأمطار يجب:

- إنشاء شبكة من المجاري لتصريف مياه الأمطار و حملها بعيدا عن المبنى حتى لا تتجمع حول الجدران و نحرها.
- زيادة مقاومة المبنى و إزالة نقاط الضعف فيه و ذلك عن طريق سد الشقوق والفجوات التي قد توجد في الجدران أو السقف.
- تكحيل الفواصل بمونة قوية لا تتأثر بالمياه.
- تغطية بلاطات الأسقف بطبقة عازلة تمنع تسرب المياه.
- تغطية قمم الجدران غير المسقوفة بطبقة عازلة من مونة تقاوم تأثير المياه و تمنع تسربها إلى داخل الجدران.[470]

---

[469] عبد القادر (الريحاوي)، **المباني التاريخية، حمايتها و طرق صيانتها**، منشورات المديرية العامة للآثار و المتاحف، الجمهورية العربية السورية، دمشق، 1972م، ص 22

[470] عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف**، مطبعة الحضري، الإسكندرية 2005م، ص203، 204

1 2 الحماية من عوامل التجوية باستخدام الأغشية السطحية:

طريقة استخدام الأغشية السطحية لحماية سطح الحجر طريقة قديمة استخدمت في الماضي و مازالت تستخدم حتى الآن، و لكي يتم استخدام الأغشية السطحية لحماية الأحجار يجب تنفيذها فوق سطح قوي و نظيف، و عادة ما يكون العلاج جيدا إذا كان سطح الح جر لم يتعرض مسبقا لظروف التجوية ، أما الحجر الذي تعرض للتلف بسبب التجوية، فيجب أولا تنظيفه إذا كان متسخا و تقويته إذا كان ضعيفا.[471]

و بالرغم من ظهور مواد كثيرة لها خواص جيدة و أنواع تجارية من ها تعطي درجات مختلفة من التقوية ، إلا أن شمع البرافين مازال مستخدما كمادة حماية جنبا إلى جنب مع شمع الميكروكريستالين، كما أن راتنجات الأكريليك و السيليكونات أيضا تستخدم كمواد حماية سطحية لأسطح الأحجار.

و بصفة عامة فإن الإتفاق على استخدام المواد الكيميائية في عملية التغطية السطحية، يجب أولا اختبارها لمعرفة قدرتها على حماية سطح الحجر ضد عوامل التجوية من عدمه ، وذلك قبل استخدامها كمادة تغطية سطحية، مع مقارنة نتائج الإختبارات ، واختيار أفضل المواد التي تحقق الغرض، و قد يكون من الأفضل اختيار مادة حماية لها عمر محدد، أو عمر افتراضي معروف و ذلك لاستخدامها كطبقة حماية قربانية ، مع مراعاة اتخاذ الإحتياطات اللازمة لتكرار عملية التغطية فور انتهاء العمر الإفتراضي للمادة المستخدمة في الحماية.[472]

---

471 Torraca(G), **matériaux de construction poreux**, ICCROM, Italie, 1986, p 92

472 Torraca(G), op.cit, p93

2-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الميكانيكية:

2 1 الرياح:

في الواقع إن صيانة المباني الأثرية و التاريخية من خطر الرياح يعد من أصعب المشاكل التي تواجه المرممين إذ تتطلب جهدا كبيرا و تكاليف باهظة الثمن، و على أية حال فقد توصل العاملون في حقل الآثار إلى بعض الطرق و الأساليب التي تمكنوا بها من الإقلال من أخطار الرياح و التلف المصاحب لها:

- إزالة الرمال من حول المباني الأثرية و التاريخية.
- إقامة مصدات للرمال المتحركة.
- تثبيت الأرض من حول المباني الأثرية و التاريخية عن طريق رشه ا بالراتينجات واللدائن الصناعية.
- تشجير المناطق المحيطة بالمباني الأثرية و التاريخية لصد الرياح والعواصف.[473]

2 2 الزلازل:

ليس في مقدور أحد بطبيعة الحال اتقاء أضرار الزلزال، لكن هناك مجموعة من الإجراءات لتأمين العناصر المعمارية التي تأثرت بالهزات الأرضية حتى لا تتعرض لمزيد من التلف و التصدع و من بين هذه الإجراءات نذكر:

أ -علاج و تثبيت التربة:

من المعروف أن التربة تعتبر جزءا لا يتجزء من المنشآت الأثرية بل هي أهم أجزائها التي تتحمل ما يقع عليها من ضغوط و أحمال و إن لم تكن قادرة على ذلك فإنها تصبح مصدرا من مصادر التلف لهذا المبنى، و لا شك أن اتزان التربة و قدرتها على تحمل الضغوط و الأحمال التي تقع فوقها يتوقف على طبيعة مكونات التربة وخصائصها الفيزيوكيميائية و درجة تماسك طبقاتها فضلا عن مقدار ما تحتويه مسامها من مياه

[473]عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص201، 202

أرضية، و عند تعرض التربة للهزا ت الأرضية و عوامل التلف المختلفة كالمياه الأرضية يحدث هناك هبوط خطير تحت أساسات المباني الأثرية ، و لا شك أن هناك العديد من طرق العلاج التي تتبع في تثبيت التربة و تقوية مكوناتها و طبقاتها و إعادة الإتزان المفقود إليها و من أهم هذه الطرق ما يلي:

- التربة التي تحتوي على نسبة عالية من المعادن الطفلية تحقن عدة مرات بماء الجير المختلط بالرماد الناشئ عن احتراق المواد العضوية المختلطة بالمواد السيليكاتية حيث أن هذا الخليط يؤدي إلى تكوين سيليكات الكالسيوم بين حبيبات التربة فيزيد من تماسكها و قدرتها الميكانيكية.
- و من أهم الطرق الحديثة المتبعة في حقن التربة استخدام الراتنجات السيليكونية الحديثة الطاردة للماء و خاصة التربة التي تتعرض لتسرب المياه الأرضية إذ أن هذه النوعية من الراتنجات تغلف الحبيبات المعدنية التي تتكون منها التربة بطبقة رقيقة طاردة للماء، و غالبا ما تستخدم هذه الراتنجات مع خليط مكون من نوعين من الرمال التي تتميز بصغر حجم حبيباتها بالإضافة إلى الإسمنت الذي يخلو من الأملاح.[474]

ب – علاج الشروخ و التشققات:

تتوقف عمليات علاج الشروخ و التشققات على مدى عمقها واتساعها داخل العناصر المعمارية و مدى خطورتها على تلك العناصر ، فإذا كانت هذه الشروخ و التشققات لا تشكل خطورة بالغة على تلك العناصر فيكفي ملئها بالمونات المناسبة المختلطة بالراتنجات الصناعية الصالحة للإستخدام في مثل هذه الأغراض.[475]

---

[474] محمد (عبد الهادي محمد)، <u>**دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**</u>، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، ص 271، 272

[475] نفسه، ص 273

و سنعرض هنا طريقة استخدمت لعلاج الشقوق لحجارة كلسية استخدمت لبناء جدار المعبد السيفيري بجميلة ، إذ يمكن استخدام نفس الطريقة لعلاج الشقوق في الأضرحة المدروسة.

ب1- المواد المستعملة لملئ الشروخ و التشققات:

- الجير الهوائي أو الجير قليل التميه
- الرمل الأصفر و الرمادي
- مسحوق من الحجارة المستعملة للبناء
- مسحوق من الحجارة الكلسية جلبت من المسيلة
- البوزولان (رماد بركاني يتكون أساسا من الكوارتز يستعمل لتحسين خاصية التميه للملاط ، و يمكن تعويضه بمسحوق الآجر)
- LEDAN TA1 و LEDAN TA2: و هي مواد غرائية إيطالية الصنع ، موصى بها للتثبيت و لصق الشقوق و الفجوات الصغيرة و قد استعملت منذ أكثر من 20 سنة في مجال ترميم الآثار و فيما يلي جدول رقم (28) يلخص أهم خواص هذه المواد.

جدول رقم (28): الخصائص العامة لراتنجي LEDAN TA1 و LEDAN TA2

اسم الغراء / الخصائص	الغراء ذو الحبيبات الصغيرة LEDAN TA2	الغراء ذو الحبيبات الدقيقة LEDAN TA1
اللون	أبيض صافي	أبيض صافي
التحضير	يتم تحضيره بخلطه مع ماء خالي من العناصر المعدنية إلى أن يصبح لزجا.	يتم تحضيره بخلطه مع ماء خالي من العناصر المعدنية إلى أن يصبح لزجا.
مدة الخلط	حوالي 3 دقائق	حوالي 3 دقائق
الخصائص	له لزوجة ممتازة. يحتفظ بلزوجته لمدة طويلة لذلك لا يستلزم السرعة في استخدامه. ملائم و مناسب كيميائيا وفيزيائيا مع الجير الهوائي والجير الهيدروليكي.	له لزوجة ممتازة. يحتفظ بلزوجته لمدة طويلة لذلك لا يستلزم السرعة في استخدامه. ملائم و مناسب كيميائيا وفيزيا ئيا مع الجير الهوائي و الجير الهيدروليكي. استقرار ميكانيكي عالي. لا يحدث تزهر لخلوه من الأملاح .
ملاحظات	يمكن أن يخلط مع الرمل	يمكن أن يخلط مع الرمل أو مسحوق الرخام ينصح بتصفيته قبل الإستعمال

ب2- تحضير الملاط الأول لسد فتحات الشروخ و الكسور:

عادة ما يستعمل لتحضير الملاط نسبة $1/3$ بمعنى حجم واحد من الجير مع ثلاث أحجام من مادة مساعدة واحدة أو مواد مختلفة و هذا بحسب المقاومة ، القدرة على امتصاص الماء و لون الملاط المراد تحضيره.

قبل البدء بتحضير الملاط نقوم بغربلة كل من الجير و مسحوق الحجارة و هذا لتفادي الأجزاء الصلبة.

لتحضير الملاط استعمل حجمين من الجير، أربعة أحجام من الرمل الرطب، حجم من مسحوق حجارة الموقع و ح جم من البوزولان و كمية من الماء ، يتم خلط المواد في إناء بلاستيكي إلى أن يصبح على شكل ملاط.

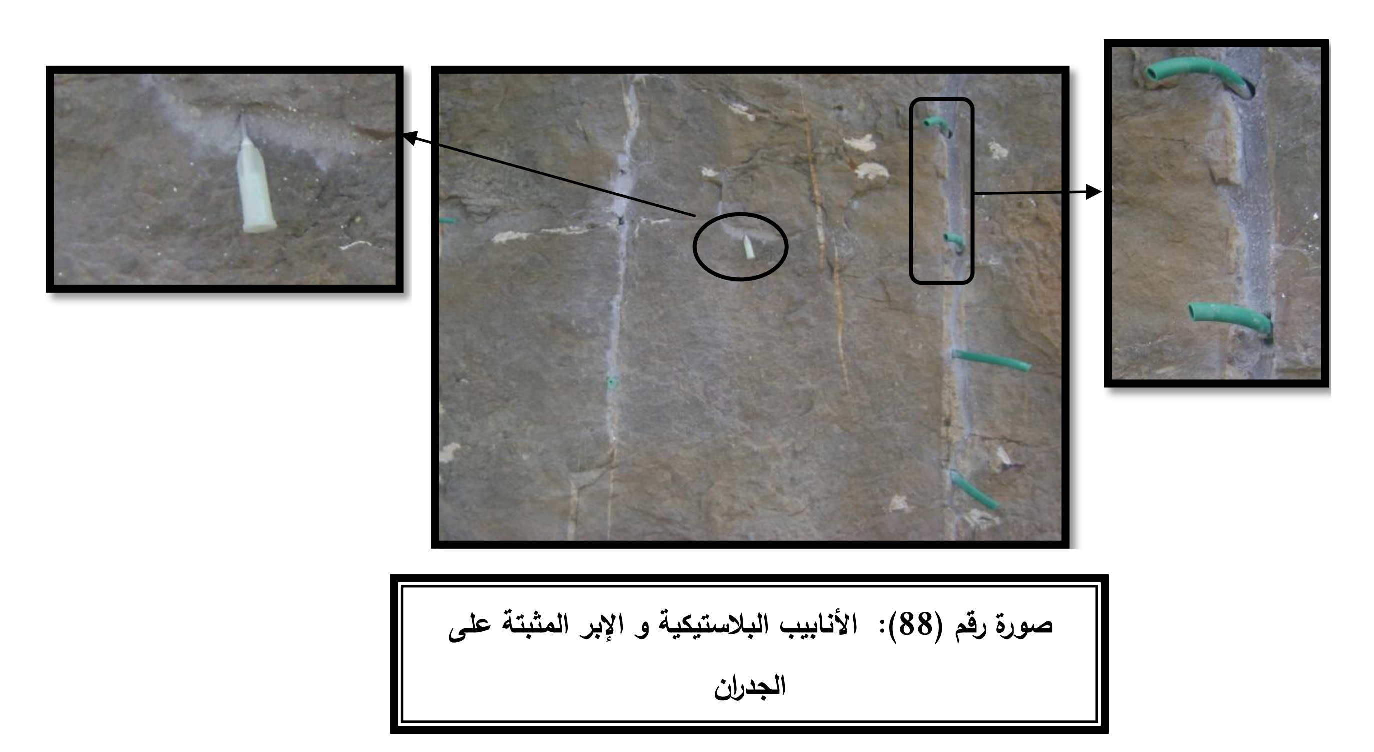
ب3- تحضير الملاط الثاني المخصص للحقن داخل الشقوق و الكسور:

تم استعمال أربعة أحجام من الجير، أربعة أحجام من مسحوق الحجارة، ثمانية أحجام من البوزولان، 11,2ملل من غراء أكريليكي ACRILYQUE E330 حتى نبطئ من سرعة القبض أي نطيل من مدة تصلبه، و نسبة من الماء ، بعد خلط هذه المواد نحصل على ملاط، و قبل استخدامه نقوم بـتصفيته بواسطة غربال ، و يجب استعماله بسرعة لتفادي جفافه في داخل الشق مما يعيق عملية الحقن على عمق أكبر.

ب3- التقنية المتبعة لملئ الشقوق:

- نقوم أولا بتنظيف أماكن الحقن أولا يدويا للتخلص من الأجزاء الهشة و الغير متماسكة مع الحجر جيدا، ثم نقوم بالتظيف باستعمال المنظف الهوائي للتنظيف الجيد من الغبار سواء على السطح أو داخل الشقوق.

- باستعمال مثقب يدوي نقوم بحفر أماكن تثبيت الأنابيب البلاستيكية حيث استعملنا أنابيب متوسطة للشق الكبير و أنابيب صغيرة للشقوق الضيقة أما الشقوق الدقيقة فقد ثبتنا فيها مجموعة من الإبر كما توضحه في الصورة رقم (88).
- نقوم أولا بحقن الماء و هذا في كل الأنابيب البلاستيكية لمعرفة امتداد الشقوق وكذا من أجل ترطيب الحجر.
- بالنسبة للفتحات أو الشقوق الواسعة استعمل لسدها الملاط الأول حيث تم إدخاله بواسطة ملواق متوسط الحجم.



صورة رقم (88): الأنابيب البلاستيكية و الإبر المثبتة على الجدران

- بالنسبة للشقوق المتوسطة استعمل أيضا الملاط الأول و تم إدخاله بواسطة ملواق صغير الحجم.
- نأخذ إبرة الحقن و نملؤها بالملاط الثاني و نضع رأسها داخل الأنبوب البلاستيكي مع إحاطته بالقطن و الضغط عليه حتى لا يتسرب الملاط إلى سطح الصخرة، ونعيد العملية عدة مرات إلى أن يتشبع الشق (حين يصعب إدخال كمية أخرى)، حيث يلاحظ خروجه من الأنبوب الذي يليه و هذا دليل على نفوذ المادة جيدا في الشق.

- نقوم بنزع الأنبوب البلاستيكي الذي خرج منه الملاط و سده باستعمال قطن مبلل بالماء، ثم نواصل الحقن في الأنبوب الأول إلى أن يخرج الملاط من الأنابيب الأخرى، و في حالة عدم القدرة على حقن كمية أكبر من الملاط في الأنبوب الأول نقوم بنزعه و سد الفتحة باستخدام قطن مبلل، ثم نواصل الحقن في الأنابيب المتبقية حتى يتشبع الشق كلية بالملاط.
- يجب تنظيف المادة في حالة خروجها على السطح مباشرة باستعمال إسفنجة مبللة بالماء.
- بالنسبة للشقوق الدقيقة و التقشرات نقوم بنفس المراحل السابقة مع تعويض الملاط المستعمل بالغراء ذو الحبيبات الصغيرة المركب من LEDAN TA2 و في حالة عدم دخوله نعوضه بالغراء ذو الحبيبا ت الدقيقة المركب من LEDAN TA1 باستعمال إبرة دقيقة كما توضحه الصورة رقم (89).



صورة رقم (89): طريقة الحقن

- بعد الفراغ من عملية الحقن و بعد مرور مدة زمنية نقوم بنزع القطن الذي وضعناه على الحجر لسد مناطق الحقن ، كما نقوم بالكشط باستعمال فرشاة معدنية لنزع الأجزاء الصلبة من الملاط الذي التصق بالسطح ثم نستعمل فرشاة الأسنان.

ت – استكمال الأجزاء الناقصة في الجدران:

تتسبب الهزات الزلزالية أو هبوط التربة في تهدم أجزاء من الجدران ، و من أجل حمايتها من التصدع يرى المختصون في مجال الترميم ضرورة استكمال الأجزاء الناقصة في تلك الجدران بمواد بناء جيدة في خواصها الفيزيوكيميائية.

ث – فك العناصر المعمارية الآيلة للسقوط و إعادة بنائها:

عندما يلاحظ المرممون أن هناك بعض العناصر المعمارية آيلة للسقوط نتيجة تأثرها بالهزات الزلزالية فإنهم يلجئون إلى فك هذه العناصر و يتبعون في ذلك الخطوات الآتية:

- قبل فك هذه العناصر لا بد من تصويرها فوتوغرافيا و بأجهزة الفيديو.
- تسجيل هذه العناصر تسجيلا هندسيا و توقيع مظاهر التلف المختلفة على الرسم.
- ترقيم كتل الأحجار المستخدمة في الجدران حسب أماكن وجودها حتى يمكن التعرف على أماكنها الصحيحة أثناء إعادة بناء الجدران.[476]

2 3 الصواعق:

لحماية المبنى الأثري من أخطار الصواعق يمكن استخدام مانعات الصواعق للتخفيف إلى حد كبير من أضرارها ، و من الضروري توزيع هذه المانعات بحيث يشمل مفعولها سائر أقسام المبنى، و أن يجري فحصها من حين لآخر للتأكد من سلامتها.[477]

2 4 العامل البشري:

لقد ذكرنا بأن الأخطار التي يلحقها الإنسان بالمباني التاريخية ناتجة عن الحرائق وأعمال الهدم و التخريب المقصودة أو لدى القيام بالمشاريع العمرانية و الإنشائية المختلفة، و قد حدت التشريعات و قوانين حماية الآثار ا لتي سنتها الدول المتقدمة من

---

[476] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 278

[477] عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية**، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، ص212

هذه الأضرار، لكنها لم تقض عليها و لا بد من اتخاذ إجراءات وقائية أو علاجية تناسب كل حالة.[478]

أ -الحرائق:

يجب العمل على إبعاد مسببات الحريق عن المباني التاريخية ما أمكن و يكون ذلك بتجنب استخدام النار فيها، و عدم اتخاذها لإيداع مواد سهلة الإشتعال ، و كذلك يمنع قيام صناعات تعتمد على النار كالأفران و غيرها إلى جوار المباني التاريخية، و في حال حدوث الحريق يجب أن تكون الإحتياطات المتخذة كفيلة بإخماده في الحال، و ذلك بتوفر المياه و الطفايات الكيماوية، و نلفت الإنتباه هنا إلى أن مياه الإطفاء بالرغم من فائدتها في إخماد النار فإنها تلحق أضرارا في بعض الحالات ، لاسيما عندما تقذف المياه بقوة على العناصر الأثرية غير الصلبة، فتخربها أو تغسل ألوانها.[479]

ب- أعمال الهدم و التخريب:

نعني بها الأضرار الناجمة عن إعتداء الأفراد على المباني أو تغيير معالمها بدافع من مصلحة شخصية أو بسبب الجهل بأهمية هذه الممتلكات، أو عن تنفيذ المشاريع العمرانية و الإنشائية أو مشاريع تنظيم و تجميل المدن و القرى.

و تستوجب صيانة المباني الأثرية والتاريخية من الأخطار السابقة الذكر، توعية المواطنين من جهة، و إحكام المراقبة من جهة ثانية، و ذلك بتفقد المباني بشكل منتظم وتطبيق العقوبات المنصوص عليها في قوانين حماية الآثار بصرامة و جدية.

أما من حيث المشاريع العمرانية و الإنشائية التي تهدف إلى تطوير المدن و خدمة السكان فيمكن التخفيف من أضرارها باتباع الخطوات التالية:

[478] عبد القادر (الريحاوي)، مرجع سبق ذكره، ص 24

[479] نفسه، ص 24، 25

- دراسة منطقة المشروع دراسة أثرية علمية متكاملة للتعرف على ما تحتوي عليه من آثار و ممتلكات ثقافية ظاهرة أو مطمورة و تقييمها و إصدار ما يلزم حيالها من تشريعات.
- السعي مع الجهات المنفذة للمشاريع للعمل على الإبتعاد عن المواقع الأثرية والتاريخية قدر المستطاع أو ا تخاذ تدابير صيانة المباني الأثرية و التاريخية ، وخاصة عند وضع الدراسات المبدئية للمشاريع
- إذا تعذر تعديل الدراسات بما يضمن سلامة المباني، و لاسيما في حالة مشاريع السدود، يصبح من الضروري المبادرة إلى وضع خطة للإنقاذ و تنفيذ مراحلها بما يتناسب مع مراحل التنفيذ، و تتضمن عمليا الإنقاذ عادة:
  - ✓ التنقيب عن العناصر التي قد تكون مطمورة في باطن الأرض.
  - ✓ التقويم و الترميم.
  - ✓ الدراسات الميدانية و أعمال التسجيل.
  - ✓ تجميع العناصر الزخرفية و المعمارية المبعثرة و نقلها إلى المتاحف.
  - ✓ نقل المباني إلى خارج منطقة المشروع، و يفضل أن يكون المكان الجديد للمباني قريبا قدر المستطاع من موقعها الأصلي و في بيئة مشابهة.[480]

و في هذا الخصوص يجدر التنويه إلى التوصية الدولية الخاصة بإنقاذ الممتلكات الثقافية و التي تقضي بوضع نفقات الإنقاذ في ميزانية المشاريع حتى يسهل على السلطات المسؤولة عن الآثار الحصول على الأموال اللازمة لعمليات الإنقاذ.

و لاستكمال إجراءات الصيانة، يجب إعداد ملف لكل بناء أو منطقة أثرية يتضمن الوثائق و المعلومات الآتية:

- الصور الفوتوغرافية التي تمثل كل عناصر البناء بدقة و تفصيل.

[480] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 105

- الخرائط المساحية و العقارية للمنطقة الأثرية أو المبنى الأثري أو التاريخي.
- المخططات الهندسية المشتملة على المساقط الأفقية و المقاطع و تفا صيل الزخارف و العناصر المعمارية.
- النصوص التاريخية التي تجمع من المصادر أو من الكتابات المنقوشة على البناء نفسه، و الصور و الرسوم الوثائقية التي يع ثر عليها في المخط وطات القديمة وكتب الرحلات.[481]

3- التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل البيولوجية:

3 1 النباتات:

تعتبر مشكلة النباتات الطفيلية التي تنموا في المباني الأثرية و التاريخية ، لا سيما في الأقاليم الكثيرة الرطوبة ، من أصعب المشكلات التي تواجه العاملين في مجال الصيانة ، والواقع أن اجتثاث هذه النباتات لا يحل المشكلة، حيث تعود النباتات إلى النمو من جديد، بل تصبح أكثر قوة ، و لم يعط استعمال اللهب لحرق النباتات و لا المواد الكيم يائية المبيدة للجذور نتيجة تذكر ، ومازال الخبراء يبحثون عن الطريقة و المواد المناسبة للتخلص من هذه النباتات ، وتبقى دائما الوقاية خير من العلاج أي الحيلولة منذ البداية دون نمو هذه النباتات و ذلك بسد الشروخ و الشقوق و كذا تكحيل الفواصل الموجودة بين حجارة البناء تكحيلا متقنا ، و في تلك الحالة لا تجد بذور النباتات المرتع الخصب للزمو ، و لا يفوتنا أن ننوه إلى أن الإهمال في مجابهة مشكلة النباتات الطفيلية و تركها حتى تنمو يؤدي إلى استفحال أمرها و يصبح التخلص منها أمرا شديد التعقيد قد يستدعي في بعض الحالات فك حجارة البناء لاستئصال الجذور ، أما في ا لحالات العادية فمن السهل اجتثاث الأعشاب و النباتات بين حين و آخر.[482]

---

[481] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 206

[482] نفسه، ص 217

3 2 الكائنات الحية الدقيقة:

تقاوم الكائنات الحية الدقيقة باتباع الطرق الآتية:

- تفادي التغيرات المستمرة و المفاجئة في الرطوبة النسبية في أجواء المباني الأثرية و التاريخية.
- رش أسفل الجدران و الأجزاء المصابة بمحاليل المبيدات الكيميائية ، و يمكن استخدام محلول فلوريد الصوديوم التجاري و يحضر بإذابة 5 غ في كل لتر من الماء، أو فلوريد المغنيزيوم التجاري و يحضر بإذابة 25غ في كل لتر من الماء ، و يقلب بأداة خشبية.[483]

3 3 الحيوانات:

أ - الفئران:

تقاوم الفئران بالطرق التالية:

- أن يغمر الضوء المكان.
- سد الفجوات و الشروخ التي يمكن أن تتخذها الفئران مكان لها.
- تزويد الأماكن بالعدد الكافي من المصائد .
- الحرص على نظافة المباني بصورة دائمة.[484]

ب - الوطاويط:

تقاوم الوطاويط بالطرق التالية:

- أن يغمر الضوء المكان.
- سد الفجوات و الشروخ التي يمكن أن تتخذها الوطاويط مكان لها.
- تبخير الأماكن بأبخرة الكبريت.[485]

---

[483] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 219

[484] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص209

[485] نفسه، ص209

ت - الحشرات:

النمل الأبيض: لمقاومة النمل الأبيض تتبع الطرق الآتي:

- رش المستعمرات في الفجوات و الشروخ و الشقوق بالمبيد المناسب.
- حفر أنفاق حول الجدران و ملئها بمبيد الكيروزوت للقضاء على ال مستعمرات الموجودة أسفل الأساسات.
- تبخير الأماكن الموبوءة بغاز بروميد المثيل.
- رش الأخشاب المصابة بالكيروزوت أو بالمحاليل المبيدة التي تحتوي على مبيدات الكلوروفينول أو النفتالينات المعدنية.[486]

النحل البري: يقاوم النحل البري بالطرق الآتية:

- إزالة أعشاش النحل من جميع أرجاء المبنى، و تزال هذه الأعشاش يدويا باستخدام الأزاميل الدقيقة أو غيرها من الأدوات المناسبة ، ثم تنظف آثارها بالماء أو بالماء والكحول الإثيلي أو بالماء و النوشادر.
- مطاردة النحل البري و إزالة أعشاشه في المساكن المح يطة بالمباني الأثرية والتاريخية.
- تزويد المباني بالعدد الكافي من المصائد، و يستعمل كطعم عسل النحل المضاف إليه الماء ، إذ ثبت أن رائحة التخمر تجذب النحل إلى المصائد.
- سد الفتحات بسلك شبكي.[487]

ثانيا: التقنيات العلمية المستخدمة في علاج و صيانة الأحجار:

تختلف طرق علاج و صيانة الآثار الحجرية طبقا لظروف و طبيعة و نوع الأحجار المكونة للأثر، فصيانة و علاج الآثار الحجرية المعروضة في المتاحف تختلف

---

[486] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 218

[487] نفسه، ص 218

عن مثيلاتها المكشوفة و الموجودة في أماكن مفتوحة مثل التم اثيل أو المباني الأثرية الثابتة، وأيا كانت طريقة المعالجة التي تتبع في المحافظة على الأثر الحجري فإن القاعدة تسير على خطوات محددة تتمثل في إعطاء وصف تفصيلي موضح عن حالة الأثر كتحديد أصل مكونات تلك الأحجار و أنواعها و مصادرها و كذلك العصر التاريخي الذي ينتمي له الأثر و أهم الزخارف التي يشتمل عليها ، كم ا يتم تعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية و الكيميائية لمادة الحجر، إلى جانب تحديد كمية الشروخ و حجمها و توزيعها ووضع رسومات توضيحية لها كلما أمكن ذلك.[488]

كما يتم وضع دراسة شاملة للعوامل البيئية المحيطة بالأثر مثل المياه الجوفية ، الأملاح في التربة المحيطة و نوعيتها ، التذبذب في المستوى المائي للتربة المحيطة ، دراسة لدرجات الحرارة و الرطوبة ليلا و نها را و مدى اختلافها في فصول السنة ، التلوث الجوي و أهم عناصره ، موقع الأثر من حيث تعرضه لأشعة الشمس المباشرة واتجاه الرياح و العواصف الرملية، هذا بالإضافة إلى تأثير الإهتزازات الناتجة حركة المرور.

كما أن معرفة الغرض من إقا مة الأثر الحجري واستخداماته في الماضي بجانب دراسة حالته والعوامل البيئية المحيطة تعطي القائمين بأعمال الصيانة فكرة واضحة عن عوامل التلف التي يرى أن لها تأثيرا على الأثر الحجري و بالتالي اقتراح الطرق التي يمكن أن تتبع و المواد التي تستخدم في عملية العلاج.[489]

كما تراعى عمليات التسجيل الكامل و التدوين الدقيق أثناء مراحل العمل ومقارنتها بعمليات التسجيل التي تمت قبل الشروع في العمل بحيث لا يترتب على عملية الصيانة

[488] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، دار المعرفة الجامعية للنشر و التوزيع، مصر، 2012م، ص119

[489] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص119

تغيير للمعالم الأثرية أو طمسها و يراعى أن يكون التدخل في أضيق الحدود و عند الضرورة القصوى لإتمام مراحل العلاج.

و غالبا ما يتم البدء في عمليات الصيانة بالقيام بالعديد من الفحوص و التحاليل بهدف التعرف على كل ما سبق في شكل علمي مبرهن بأساليب علمية و ذلك باستخدام الطرق المختلفة للفحص و التحليل.

عادة ما تبدأ أعمال صيانة الآثار الحجرية بالتنظيف الميكانيكي أو الكيميائي أو إزالة الأملاح، و لكن يجب أولا التأكد من أن حالة الحجر تسمح بذلك و بدون أن تتسبب هذه ا لأعمال في تساقط الأسطح المنقوشة ففي مثل هذه الحالات يتم البدء بعمليات التقوية المبدئية يعقبها عمليات التنظيف، أي أن ترتيب أعمال الصيانة و العلاج يتحكم فيها حالة الأثر و خبرة المرمم.[490]

1 -عمليات التنظيف:

إن تنظيف أسطح المباني ليس من الضروري أن يكون لقيم جمالية بل يتعدى إلى متطلبات الصيانة للمواد.

1 1 -مفهوم التنظيف:

يعتبر التنظيف من العمليات التي تلعب دورا هاما في إعادة الآثار الحجرية إلى رونقها و بهائها حيث يتم استخدام مختلف المواد و الطرق من أجل إزالة الإتساخات والأتربة و المواد الغريبة عن مادة الأثر الحجري التي تقلل من جاذبيته و جمال مادة الحجر الطبيعية مع مراعاة أ ن لا تغير هذه المواد و الطرق المستخدمة في التنظيف من الخواص الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية للحجر، و لذا يشترط قبل القيام بعملية التنظيف التعرف على مواد الإتساخات و طبيعتها و خواصها الكيميائية، لمعرفة أفضل

[490]إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص119، 120

الطرق و المواد الصالحة لإزالتها بدون التأثير على مادة الأثر و قيمته الفنية والجمالية.[491]

و قبل البدء في عمليات التنظيف المختلفة يجب مراعاة الآتي:

- أن يحافظ على الباتينا الأصلية.
- يجب التحكم في عمليات و طرق التنظيف بقدر الإمكان بالتدرج.
- يجب أن لا يتخلف عن عمليات التنظيف مواد قد يتسبب عنها تلف جديد.
- يجب أن يتم التنظيف دون إحداث أي نوع م ن الشقوق أو العيوب بقدر الإمكان وذلك لتفادي تلك التي قد ينتج عنها التعجيل في معدلات التلف.
- عند تنظيف الأملاح من الجدران الرأسية يجب أن نبدأ من أعلى إلى أسفل لتفادي المناطق التي تم تنظيفها من التلوث ثانية.
- يجب أن تخضع أساليب التنظيف لتقييم مستمر في المباني الأثرية و قبل القيام باستخدام أساليب و طرق التنظيف المختلفة يجب التأكد أولا من أن حالة الحجر تسمح بذلك.[492]
- تجنب إدخال الأوساخ إلى مركز الحجر.
- تجنب إدخال أملاح أخرى قابلة للذوبان.[493]

1 2 طبيعة الإتساخات:

تعرف الإتساخات على أنها مواد موضوعة في موضع خاطئ و من أمثلتها الأتربة و السناج و المعلقات الهوائية و هذه المواد الغريبة عن مادة الأثر الأصلي إما مواد ناتجة عن تعلقها أو ترسبها على الأثر الحجري والتصقت به مثل الدخان و الأتربة والصبغات...إلخ أو عبارة عن مواد نتجت عن تفاعل المواد الغ ريبة عن الأثر الحجري

---

[491] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 120

[492] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص218، 219

[493] كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، مرجع سبق ذكره، ص160

مع مادة الأثر نفسها، أو نتجت عن مادة الأثر نفسها نتيجة لتغير الظروف المحيطة ومن أمثلتها الأملاح المختلفة مثل أملاح الكبريتات و الكلوريدات و غيرها، و تلتصق هذه الإتساخات على سطح الحجر ميكانيكيا مثل تداخل حبيبات الأتربة في الحفر المجهرية الموجودة على سطح الحجر و كذلك الأملاح الموجودة على السطح و المتداخلة فيه ، أو قد تكون مرتبطة كيميائيا مع السطح مثل الأملاح الكربوناتية الناتجة من التفاعل التبادلي بين البيئة المحيطة و أسطح الأحجار ، و قبل البدء في إزالة هذه المواد يجب معرفة الخواص الفيزيائية و الكيميائية للمواد المستخدمة في التنظيف و مدى نجاح الطرق المستخدمة في تحقيق الغرض المطلوب.[494]

1 3 الأساليب المختلفة للتنظيف:

1-3-1-التنظيف باستعمال الماء:

يستعمل الماء للتنظيف بعد الإنتهاء من إزالة الأوساخ الموجودة على السطح بالطرق الآلية، و لكن بعد أن نكون قد تأكدنا أن الحجارة ليست مسامية أكثر من اللازم ولا سريعة التفتت و لا تتصدع أو تنحل بالماء، و لكي لا نعرض الحجارة لبعض الأضرار التي لا يمكن تجنبها من المستحسن القيام بإجراء اختبار لقوة الحجر على جزء صغير منها، و بعد أن نتأكد أنها لن تتعرض لأي ضرر تطبق الطريقة المستعملة على سائر الحجارة.[495]

الطريقة الأولى : التنظيف باستعمال رذاذ الماء:

هي طريقة علمية متخصصة جدا ، و تؤدي إلى تحلل قشرة السناج التي قد تغطي الأحجار، لأن نقط المياه الدقيقة جدا تتعلق في الهواء مكونة سطح نوعي كبير ، و خالقة لسطح بيني متسع عندما تترسب على سطح الحجر[496]، و عندما تلين الطبقة السطحية

[494] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 120، 121

[495] خالد (غنيم)، برخينيا (باخ ديل بوثو)، مرجع سبق ذكره، ص 154

[496] Torraca(G), op.cit, p86

تزال بالكشط بحيث تستخدم فرش النايلون و نتجنب فرش السلك المعدني، تاركة الباتينا وقشرة الحجر سليمة، لكن يعتقد أن العوالق السطحية لا تزال كلية و يمكن أن تحتاج ثانية إلى كمية من الماء.[497]

و من سلبيات هذه الطريقة:

- ظهور بقع سمراء على السطح نتيجة الماء المتسخ الذي سيجف على سطح الحجارة.
- فقدان بعض الأجزاء الصغيرة من الحجر نتيجة ذوبان الأملاح.
- تسلل الماء و الأملاح إلى داخل المسام و الشقوق.
- نمو الطحالب.
- تجمد الماء داخل الحجر عند الإنخفاض الكبير لدرجة الحرارة.[498]

الطريقة الثانية : طريقة البخار:

ينثر البخار فوق سطح الحجر لفترة، و هذه الطريقة تناسب الأسطح غير المستوية و قبل استخدام هذه الطريقة يجب القيام بإجراء اختبار لتحمل الحجر لدرجة الحرارة المرتفعة نسبيا للبخار، و هذه الطريقة لا ينصح باستخدامها في المباني الأثرية بسبب درجات الحرارة العالية و تأثيرها المتلف للحجر.[499]

الطريقة الثالثة: ضخ الماء

استخدام طريقة ضخ الماء ربما يسبب توغل عم يق للمياه داخل مسام الحجر ، خاصة إذا تم استخدام كميات كبيرة من المياه في هذه العملية، و إذا تسربت المياه إلى

---

[497] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص219

[498] Bromblet (PH), **guide sur les techniques de conservation de la pierre**, 2010, p6

[499] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص220

داخل الحجر يؤدي هذا إلى زيادة الرطوبة داخل المباني الأثرية و ربما تعجل من تأثير بعض عمليات التلف أو تسبب هي بدورها في تلف تلك المباني الأثرية.[500]

1-3-2- التنظيف الميكانيكي:

عندما يكون الحجر الأثري جافا ينظف ميكانيكيا ما أمكن ذلك، وهذا النوع من التنظيف يعمل على كسر الإتصال بين الأتربة و بين الأثر بدون التأثير على الأثر نفسه ومن مميزاته أنه لا يضيف أي مواد قد تتلف الأثر نفسه ، مثل المذيبات التي قد تحمل الأتربة و الإتساخات إلى داخل مسام الحجر ، أو المواد الكيميائية التي ربما تتفاعل مع الأثر و تتلفه أو أنها قد تضر المرمم نفسه [501]، و هناك عدة طرق للتنظيف الميكانيكي نذكر منها:

الطريقة الأولى: التنظيف اليدوي

نستخدم هذا النوع من التنظيف لإزالة الأتربة و الغبار و جذور النباتات ...إلخ، وذلك باستعمال فرشاة ناعمة، لكن بعد أن يتم تجفيف الحجارة بشكل جيد ، كما يمكننا أن نستعين أيضا بملواق أو مثقب أو مشرط مع الإنتباه الشديد لعدم خدش الحجر ، و يجب أن يقتصر استخدام هذه المواد المساعدة بشكل خاص على إزالة أي كتلة من التراب الملتصق أو لتفريغ أي صدغ أو أي فجوة صغيرة، و في الحالة التي لا نتمكن فيها من إزالة هذه الأتربة دون أن نعرض الحجر للضرر ، نقوم بترطيبه ببعض النقاط من الكحول (الذي سيتبخر بشكل سريع و لن يبلل الحجارة) و بهذه الطريقة تتم تطرية الأتربة ويسهل علينا إزالتها ببساطة.[502]

---

[500] Torraca (G), op.cit, p 85

[501] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره ص 121

[502] خالد (غنيم)، برخينيا (باخ ديل بوثو)، مرجع سبق ذكره، ص 154

كما يمكننا استعمال ماكينات ضغط الهواء أو شفطه و ذلك للتخلص من الأتربة ، بالإضافة إلى المثقب الكهربائي الذي يستعمل لإزالة بعض المواد الصلبة و الأملاح المتكلسة (المتزهرة) من سطح الحجر.[503]

الطريقة الثانية: النسف بالحصى

يتم استعمال خليط من الرمل و الماء أو الرمل و الهواء، و يجب العناية و الحذر إلى:

- نسبة الماء.
- نسبة الرمل و كذلك حجم حبيباته الرمل.
- ضغط الهواء.
- المسافة بين مخرج الرمل و الحجر.

و تستخدم هذه الطريقة عندما تكون عوالق القشرة الضارة كثيرة، و لا ينصح باستخدامها في المباني الأثرية عالية القيمة لأنه يمكن أن ينتج عنها هجرة الأملاح إلى داخل مسام الحجر.[504]

الحصى الرطب أو الجاف عند استخدامه في عمليات التنظيف بطريقة النسف قد يسبب ضياع سطح الحجر الذي يتم تنظيفه، و تعريض السطح الجديد لعمليات التلف، هذا بالإضافة إلى أن هذا السطح الجديد يكون غير منتظم و يحتوي على شروخ عديدة.[505]

[503] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص220

[504] نفسه، ص 221

[505] Torraca (G), op. cit, P 85

الطريقة الثالثة: النسف الدقيق (Le micro sablage)

تتمثل في استخدام ماكينات قذف الحبيبات الدقيقة الجافة المقترنة بالهواء المضغوط، وأهم المواد الكاشطة المستخدمة نجد : كربونات الكالسيوم و الماغنيزيوم، وبيكربونات الصوديوم ، حبيبات الزجاج الدقيقة أو أكسيد الألمنيوم و هي تتفاوت في صلابتها و ذلك لتعدد استخداماتها حسب مواد الإتساخات الموجودة على الأثر ، و تقذف هذه الحبيبات من خرطوم يبرز من ماكينة قذف هذه الحبيبات كما توضحه الصورة رقم (90) و تعتمد هذه الماكينات على الهواء في عملية القذف أو بعض الغازات الأخرى مثل النيتروجين أو ثاني أكسد الكربون.[506]



صورة رقم (90) : االتنظيف بطريقة النسف الدقيق

Dans: Bromblet (PH), guide sur les techniques de conservation de la pierre, p9

[506] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 121، 122

يتم التنظيف عن طريق النسف الدقيق باستعمال حبيبات قطرها أقل من 150-200 ميكرون مع احترام الشروط التالية:

- الضغط المستعمل أقل أو يساوي 5 بار
- حجم و قساوة و شكل الحبيبات (أنظر الجدول رقم29)
- حجم مخرج أداة القذف[507]

جدول رقم (29): قساوة المواد المستعملة في التنظيف بطريقة النسف الدقيق

Dans: Bromblet (PH), **guide sur les techniques de conservation de la pierre**, 2010, p8

طبيعة الحبيبات	القساوة حسب سلم موهس
الألومين	9
الكوارتز	7
الزجاج	7-6
الكالسيت	3

يجب قبل الإقدام على هذه العملية معرفة درجة الصلابة ا لمطلوبة للمواد الكاشطة المقذوفة، نوعها و شكلها و معدل الضغط، و كذا السرعة التي تقذف بها هذه الحبيبات حتى نضمن نجاح عملية التنظيف ، لذلك يجب أن تتوفر للقائم بأعمال الصيانة بهذه الآلات و الأدوات الميكانيكية الخبرة اللازمة و المهارة الشخصية و الإلمام بطبيعة وحساسية الأسطح الأثرية التي يقوم بتنظيفها ، كما يجب توفر معدل الأمان للعاملين من خلال استخدام القفازات و الملابس الواقية كما وضحته الصورة السابقة.[508]

[507] Bromblet (PH), **guide sur les techniques de conservation de la pierre**, 2010, p9

[508] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 122

و من مميزات هذه الطريقة أنه يمكن تطبيقها في المساحة المطلوب نظافتها فقط، وذلك حسب رغبة المرمم ، و يلاحظ أ نه إذا أحسن استخدام هذه ال طريقة، و أحسن توظيفها جيدا، فإنه يمكن التخلص أو إزالة الطبقات السميكة أو الصلبة من الرواسب غير المرغوب فيها فوق سطح الحجر أو الأعم ال الفنية، دون فقدان أي تفاصيل ، و دون إحداث أدنى تلف بسطح العمل الفني على وجه الخصوص.[509]

و من إيجابيات هذه الطريقة أيضا أنها:

- لا تشكل خطر تسلل الماء إلى داخل الحجر ، أو ظهور التزه ر و الطفح الملحي، أو تشكل البقع.
- لا تشكل خطر تجمد الماء في المسام و الشقوق و بهذا يمكن استعمالها حتى في فصل الشتاء.
- توجد العديد من الحبيبات و الآلات المستعملة للتنظيف.[510]

1-3-3- التنظيف الكيميائي:

بعد الإنتهاء من عمليات التنظيف الميكانيكي، تبدأ عمليات التنظيف الكيميائي إذا سمحت حالة الأثر بذلك ، و ذلك باستخدام المنظفات المختلفة ، حيث يستخدم الماء المقطر في البداية إذ أن المياه غير النقية تضر بسطح الأثر و يمكن إضافة صابون متعادل مع الأمونيا أو منظف مثل الليسابون مع الماء للتنظيف.[511]

و لا نلجأ إلى التنظيف الكيميائي إلا في حالات الضرورة القصوى و بأقل تركيز ممكن و يعتمد هذا الأسلوب على كسر الروابط الأولية لتلك الإتساخات و بالتالي تصبح سهلة الإزالة من السطح، حيث تستخدم مختلف المذيبات و المواد الكيميائية لإزالة ب قايا

---

[509] Torraca (G), op.cit, p 86

[510] Bromblet (PH), **guide sur les techniques de conservation de la pierre**, 2010, p8

[511] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 96

الإتساخات الصعبة و يجب أن يتم استخدام هذه المواد و الطرق بمنتهى الدقة و الحذر وفي أضيق الحدود الممكنة حتى لا نعرض الأثر الحجري للتلف.[512]

و يجب أن يتم التنظيف بالتدريج و على مساحات صغيرة ، و مراقبة أثر التنظيف حتى بعد التأكد من الأثر الجيد للتنظيف بجانب الملاحظة المستمرة حيث أن بعض المنظفات لها القدرة على التخلل بعمق داخل مسام الحجر آخذة معها العوالق الدقيقة [513]، ومن المواد المستخدمة في التنظيف الكيميائي نجد:

- المذيبات الهلامية.
- المنظفات الصناعية.
- المذيبات العضوية.

أ-المذيبات الهلامية:

عبارة عن محاليل قاعدية ضعيفة تتميز بقيمة الأس الهيدروجيني بين 7و 8 [514]، تعالج الطبقات المترسبة على سطح الأحجار ، ت كون على شكل عجينة هلامية القوام ، تحتوي على بيكربونات و عوامل كيميائية أخرى تعمل على إزالة أيونات الكالس يوم، وتحتفظ بها ذائبة في المياه و تسمى هذه العوامل عوامل فصل

تتكون المادة الهلامية من لواصق ذائبة مثل ميثيل سيليلوز أو جال السليكا دقيقة الحبيبات، هذه اللواصق تجعل عجينة البيكربونات سهلة التطبيق على الأسطح الرأسية أو المتدلية دون أن تسمح للسائل بالجريان خارج المساحات المعالجة.

[512]إبراهيم (محمد عبد الله)، **<u>مبادئ ترميم و حماية الآثار</u>**، مرجع سبق ذكره، ص 123

[513]عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص 222

[514]محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص96

و بمقارنة كل طرق ا لتنظيف الدقيقة ، و المناسبة للإ ستخدام في تنظيف المواد الأثرية، نجد أنها بطيئة نسبيا، و تحتاج إلى شخص متخصص و متدرب تدريبا عاليا على استخدام هذه الطرق، و لهذا فإن عمليات تنظيف المباني الأثرية أو الآثار بصفة عامة، عمليات غالية الثمن جدا إذا ما قورنت بطرق التنظيف التجارية التي غالبا ما يتم تطبيقها عند الحفاظ على المباني غير الأثرية.[515]

ب- المنظفات الصناعية:

توجد ثلاث أنواع من المنظفات الصناعية و هي مقسم ة طبقا لخواصها الكهربية كالتالي:

منظفات موجبة الشحنة: تذوب على الأحجار و لا تزيل العوالق.

منظفات سالبة الشحنة : أكثر فعالية لكنها قد تتفاعل مع بعض الأحجار مثل الحجر الجيري و الدولوميت.

منظفات غير أيونية (متعادلة): هي أفضل المواد و ذلك لأنها عبارة عن سلسلة طويلة من الهيدروجين لهذا يصبح لها القدرة على استخلاص الدهون و الزيوت.[516]

ت- المذيبات العضوية:

تستخدم هذه المواد في التنظيف و ذلك لإزالة البقع العالقة بأسطح الأحجار الأثرية والتي فشلت معها طرق التنظيف الميكانيكي و يراعى في هذه الحالات تقوية الأسطح الهشة قبل القيام بعمليات التنظيف، كما يراعى عمل الاختبارات اللازمة في حالة الأسطح الملونة، و تستخدم المذيبات العضو ية في إزالة البقع بشكل موضعي حيث تتميز هذه المذيبات بقدرة كبيرة على إزالة العديد من البقع الناتجة عن مخلفات الطيور و الكائنات الدقيقة و البقع الدهنية و الدم و السناج و غيرها من البقع التي تشوه الأسطح الأثرية، هذا

[515] Torraca (G), op.cit, p86

[516] عزت زكي حامد (قادوس)، مرجع سبق ذكره، ص222، 223

بالإضافة إلى سرعة تطاير هذه المذيبات ويعتمد الأساس العلمي لاستخدام هذه المذيبات على إذابة الإتساخات في المراحل الأولية في الإنتفاخ و التحول إلى مادة هلامية ثم الإذابة.

و يشترط عند استخدام المذيبات العضوية أن تتخذ الإجراءات الأمنية التي توفر الوقاية للقائمين بأعمال الصيانة و كذلك الأثر لما لهذه الم واد من خطورة فهي سريعة الإشتعال بالإضافة إلى سميتها ، و من المذيبات المستخدمة في عمليات التنظيف نجد البنزين، التوليان، الكحول الإيثيلي ، الكحول الميثيلي، الأسيتون، تراي كلوروإيثيلين ، رابع كلوريد الكربون و البيريدين، و يفضل استخدام خليط من هذه المذيبات بنسب م تفاوتة أو متساوية حسب قوة التصاق البقع بالسطح حيث أن خليط المذيبات يعتبر أكثر فاعلية كما أنه ينظم عملية التبخر.[517]

1-3-4- التنظيف بالليزر:

كلمة الليزر هي اختصار لجملة " تكبير الضوء بواسطة الشعاع المنبعث " « Light Amplifaction by Stimulated Emission of Radation » و الذي تم معرفته عام 1960م من طرف علماء الفيزياء الأمريكيين، و منذ ذلك الوقت و هو يستخدم في الجراحة و الصناعة ، و منذ 1972م أجريت البحوث لاستخدام الليزر في مجال تنظيف الأحجار و خاصة في مجال تنظيف ال تماثيل لإزالة القشرة المتسخة من على الأسطح الهشة ، و يمتاز بأنه لا يترك أي رواسب على السطح و يزيل بسهولة الأتربة والطبقات السوداء، و ينظف شعاع الليزر بواسطة تبخر المواد العضوية الموجودة في حرق القشرة الصلبة حتى يصل إلى سطح الأثر ال موجود أسفلها أين ينعكس الشعاع ويقطع الليزر أوتوماتيكيا، و يعتبر شعاع الليزر من وسائل التنظيف الآمنة و بالرغم من

---

[517] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 122

النتائج الجيدة التي حصل عليها من خلال التنظيف بالليزر و خاصة على الأسطح الهشة إلا أن ممارسته خارج معامل الترميم يحتاج إلى مزيد من الدراسة.[518]

1-3-5- إزالة البقع:

أ -بقع السناج:

تغسل بالماء المضاف إليه الصابون و النشادر بالنسب الآتية:

1000 سم^3 من الماء

100غ من الصابون

20 سم^3 من النشادر

و يزال الجزء المتبقي بعد الغسيل باستخدام محلول مخفف من الكلورامين ت ، المحضر حديثا بنسبة 2% مع الماء، و يتعين إزالة آثار الكلورامين ت بالماء العذب بعد إزالة البقع.[519]

ب -بقع الزيوت و الشحوم:

تنظف الزيوت و الشحوم إما باستخدام البيريدين أو باستخدام مزيج مكون من النشادر والبنزين و الكحول بنسب متساوية، و يتعين غسل أماكن البقع جيدا بالماء العذب.

ت -صدأ الحديد و النحاس:

يمكن إزالة بقع صدأ الحديد و النحاس من أسطح الأحجار باستخدام محلول مائي نسبته 10% من حمض الفورميك و السلفانيك.[520]

---

[518] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 135، 136

[519] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص253

[520] نفسه، ص226

ث -بقع الحبر و الألوان الزيتية:

تعد الطريقة اليدوية المتمثلة في الكشط بحجارة من نفس النوع أفضل الطرق لإزالة مختلف بقع الأحبار و الألوان من سطح الحجارة، و هذه الطريقة تعوض النسف الدقيق في حال غياب الإمكانيات، و هذه الطرق ناجحة جدا في القضاء على الأصبغة التي تبقى على السطح و لم تتوغل داخل المسامات، رغم أن الكشط قد يسبب في فقدان جزء من السطح الأصلي للحجار.

كما يمكن إستعمال ورق الزجاج أو المشرط في حالة غياب حلول أخرى، و رغم أن هذا قد يسبب في خدش السطح قيليلا إلا أن الزمن كفيل بمحو هذه الآثار و إعطاء الحجارة مظهر كباقي حجارة المبنى.

ج -إزالة العفن والطحالب و البقع الناتجة عنها:

تعالج تلك المنطقة قبل أي شيء بمضادات العفو نة و مبيدات الجراثيم و الفطريات ، لكن بنسب مخففة و يجب دائما القيام بإجراء اختبا ر على قطعة صغيرة و بتركيز منخفض، وفي حالة تأكدنا من عدم فعاليته نقوم برفع النسبة تدريجيا أو ربما تغيير المادة بأخرى أكثر قوة منها، و بعد ذلك تزال بطريقة آلية ، و أخيرا تغسل الحجارة بكمية كبيرة من الماء المقطر، و بعد أن تتم عملية التنظيف يجب مراق بة الحجر على مدى أسابيع للتحقق من أن التنظيف قد نفذ بطريقة مرضية.

أما إذا كانت الطحالب قديمة و متصلبة جدا و جافة فمن الممكن أن نعرضها لبخار الفورمالين الذي يسهل انحلال النسج المتيبسة (بنسبة 40%)، و يوجد في الأسواق المختصة ببيع المنتجات الكيميائية مبيدات الفطريات و البكتيريا على شكل سوائل مركزة يتم تخفيفها بالماء بنسب مختلفة (1- 19%) لهذا من الضروري إتباع تعليمات المؤسسة

التجارية المنتجة لهذه المواد، و تستعمل هذ ه المبيدات للتخلص من الفطريات والبكتيريا إضافة إلى إزالة الطحالب و الأشنات التي تتكاثر على الحجارة.[521]

و هذه المنتجات خطيرة على الجلد و العيون لهذا ينصح باستعمال الأقنعة و القفازات أثناء استخدامها.[522]

ح -أعشاش النحل البري و غيره من الحشرات:

تزال أعشاش النحل البري يدويا باستخدام الأزاميل الدقي قة أو غيرها من الأدوات المناسبة، ثم تنظف آثارها بالماء أو بالماء و الكحول أو بالماء و النشادر.[523]

2-إزالة الأملاح:

قبل البدء في استخلاص الأملاح يجب مراعاة الاعتبارات الآتية:

- عزل الأساسات عن التربة و الحيلولة دون وصول المياه الأرضية إليها.
- الكتل الحجرية المشبعة بالأملاح و التي لا تسمح حالتها بالعلاج، إذا وجدت في درجات ثابتة من الحرارة و الرطوبة النسبية، فلا خوف من تفاقم حالتها حيث تكون الأملاح قد تبلورت واكتسبت نوعا من الثبات و التوازن مع الظروف الغير متغيرة المحيطة بها، و الواجب في هذه الحالة هو المحافظة على ثبات الحرارة والرطوبة النسبية في الأجواء المحيطة بها.
- تقوى الكتل الحجرية الضعيفة قبل استخلاص الأملاح بمواد لا تسد مسامها، ومن أفضل المواد التي يمكن استخدامها في هذا الغرض محلول النيتروسيليلوز في الأسيتون أو محلول الكلاتون الذائب في الكحول الإيثيلي الساخن 90%.

[521] خالد (غنيم)، برخينيا (باخ ديل بوثو)، مرجع سبق ذكره، ص 155

[522] نفسه، ص 156

[523] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، 255

- تزال الأملاح من السطوح الغير منقوشة و الغير ملونة، و إذا لم يتيسر ذلك تثبت الألوان قبل البدء في استخلاص الأملاح بالمحاليل التي لا تسد مسام الحجر.
- يستخلص ما قد يكون متبلورا على سطح الكتل الحجرية من أملاح يدويا باستخدام فرشاة ناعمة و جافة أو بأداة صغيرة، إذا كانت الحالة تسمح بذلك.[524]
- إجراء عدة اختبارات لمعرفة طبيعة الأملاح الموجودة بالأثر حيث يوجد منها نوعين: أملاح قابلة للذوبان في الماء و أملاح لا تذوب في الماء.

2-1- استخلاص الأملاح التي تذوب في الماء:

من بين الأملاح التي تذوب في الماء نجد كلوريدات أو نترات أو كبريتات الصوديوم، كذلك البوتاسيوم و الأمونيوم و الماغنيزيوم و الكالسيوم، و الطريقة المتبعة في استخلاص مثل هذه الأملاح هي:

إزالة الأملاح و هي جافة و ذلك عند وجود بلورات الملح على السطح الحجري و تستخدم معها الطرق الميكانيكية ، أما في حالة وجود الأملاح المتبلورة ذات الجذور المنتشرة في مسام الحجر فيمكن تنظيف السطح بالطرق الميكانيكية ثم استخلاص ما بالداخل من أملاح عن طريق عمل كمادات أو الغسيل المباشر بالماء في صورة حمامات مائية أو باستخدام أجهزة رذاذ الماء التي تدفع إلى سطح الحجر إذا كانت حالته تسمح بذلك.[525]

2 1 1 طريقة الحمامات المائية:

تستعمل في حالة الكتل الحجرية المنفردة، و لا يمكن تطبيقها في حالة المباني ولذا لن نفصل فيها.

[524] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، 243، 244

[525] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص97

2 1 2 طريقة الكمادات:

تتبع هذه الطريقة في الحالات التي يراد فيها استخلاص الأملاح من خلال السطوح الغير ملونة ، دون تعريض الأجزاء الملونة لتأثير المياه ، أو في الحالات التي يكون مطلوبا فيها استخلاص الأملاح من بعض الكتل الحجرية دون غيرها أو في حالة الكشف عن مباني في مناطق غير مزودة بمصادر المياه النقية.

و تتلخص هذه الطريقة في الخطوات الآتية:

- تحضر عجينة من ورق النشاف و ذلك بغلي قصاصات الورق في ماء عذب حتى يتم استحلابها، أو تحضر عجينة من الطين و الرمل بنسبة ¼ بعد استخلاص ما بهما من أملاح بالغسيل.
- تغطى الأماكن المراد استخلاص الأملاح منها بكمادات من هذه العجائن، وينتظر إلى أن تجف و إلى أن تتبلور على سطوحها الأملاح التي تحركت إليها من داخل الكتل الحجرية.
- تستبدل الكمادات من وقت لآخر، و يستمر العمل بهذه الكيفية إلى أن يتم استخلاص الأملاح تماما ، و إلى أن تصبح الكمادات هي الأخرى خالية من الأملاح التي تتحرك إليها من داخل الكتل الحجرية.
- و يمكن الكشف عن الأملاح بتقليب جزء من الكمادات بعد إزالتها مع قليل من الماء العذب، ثم يضاف إلى الماء بعد ترشيحه قليل من نترات الفضة في وجود نقطة من حمض النيتريك، و تكون راسب أبيض يدل على وجود الأملاح.[526]

2 2 استخلاص الأملاح التي لا تذوب في الماء:

تتكون في بعض الأحيان على سطوح جدران المباني الأثرية و التاريخية قشرة صلبة لا تذوب في الماء عبارة عن كبريتات الكالسيوم المائية (الجبس) أو كربونات

[526] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، 244، 245

الكالسيوم (الجير)، و تتسبب هذه القشرة في حجب الكتابات و النقوش و ربما في إتلافها، إذا كانت الظروف مهيأة لتبلور هذه الأملاح.[527]

2 2 1 إزالة كربونات الكالسيوم:

يستخدم في إزالة كربونات الكالسيوم التي تتكون على أسطح الكتل الحجرية محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك نسبته 5% و ذلك بالطريقة الآتية:

- تنظف أسطح الكتل الحجرية جيدا باستخدام فرشاة ناعمة
- تبلل السطوح بمحلول حمض الهيدروكلوريك و ينتظر حتى يتم التفاعل ، و من الضروري استخدام أقل قدر ممكن من هذا الحمض و أن يبدأ العمل في مساحة صغيرة ثم ينتقل بعدها إلى مساحة أخرى، و هكذا إلى أن يتم العمل جميعه.
- تزال كربونات الكالسيوم بعد أن تلين يدويا، باستخدام مشرط غير حاد أو غير ذلك من الأدوات المناسبة.
- بعد إزالة كربونات الكالسيوم تغسل الأماكن المعالجة جيدا بالماء للتخلص من آثار حمض الهيدروكلوريك، و يمكن الكشف عن ذلك بمحلول نترات الفضة.
- و يتعين على القائمين بالعمل عدم استخدام الأحماض بإفراط في حالة الحجر الجيري و الحجر الرملي الذي يحتوي على الجير كمادة رابطة لحبيباته ، و في حالة الضرورة القصوى تستخدم الأحماض محليا على أن يوقف استعمالها بالقرب من الكتل الجيرية.[528]

2 2 2 إزالة كبريتات الكالسيوم:

يستخدم في إزالة كبريتات الكالسيوم، بنفس الطريقة السابقة، محلول من ثيوكبريتات الصوديوم نسبته 10% مع الماء أو محلول من كبريتات الأمونيوم نسبته 10% مع الماء

---

[527] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، 245

[528] نفسه، 246

كذلك، و في هذه الحالة يجب غسل الأماكن المعالجة جيدا بالماء للتخلص من آثار المواد الكيميائية المستخدمة.

و في الآونة الأخيرة استخدمت طرق جديدة لإزالة كبريتات الكالسيوم، و تتأسس هذه الطرق على أن كبريتات الكالسيوم تحتوي على جزأين من ماء التبلور ، و أنها إذا فقدت هذا الماء بالتسخين فإنها تتحول إلى مادة هشة يمكن إزالتها بالطرق اليدوية، و في هذه الحالة يجب عدم استخدام درجات حرارة عالية خاصة في حالة الحجر الجيري، وذلك لاحتمال تحوله إلى جير حي.[529]

3-التقوية:

قبل القيام بعمليات التقوية فإنه من اللازم إزالة الأملاح و تنظيف السطح الحجري تماما من مخلفات التلف، هذا إذا كانت حالة الحجر تسمح بذلك و لكن عند وجود قشور منفصلة فيجب أولا تقوية هذه القشور بطريقة الرش بالمواد الكيميائية المقوية، و ذلك باستخدام المقويات المناسبة و المخففة، و عند الإنهاء من العلاج و تثبيت هذه القشور يمكن استخدام المذيبات و الطرق الميكانيكية المناسبة في تنظيف السطوح الحجرية، ومن النتائج غير الإيجابية هي استخدام مقويات كيميائية ذات لزوجة عالية مما يجعلها لا تستطيع التغلغل داخل مسام الحجر نتيجة تبخر المذيب بسرعة شديدة أثناء عمليات التقوية وقد يتسبب ذلك في تساقط القشرة السطحية، و لهذه الأسباب فإنه يجب عمل تجارب مبدئية و ذلك بغرض اختيار أنسب المواد لتقوية الأحجار و صيانتها حسب حالة كل أثر مع مراعاة الآتي:

- حالة الحجر و خواصه الطبيعية خاصة مساميته و نفاذيته.
- طريقة التقوية المستخدمة.

[529] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، 246، 247

– الظروف الجوية التي سيتواجد فيها الأثر بعد العلاج.[530]

و لكي تتم أعمال التقوية على النحو السليم يجب مراعاة الآتي:

– إزالة الأملاح قبل البدء في عملية التقوية.

– استخدام محاليل التقوية بدرجات تركيز تكفل نفاذها إلى أعمق مسافة داخل الحجر إذ أن اكتساب القشرة السطحية خواصا طبيعية مخالفة للخواص الطبيعية لبقية جسم الحجر نتيجة لتقويتها سوف يؤدي إلى انفصالها عند تعرضها لد رجات مرتفعة من الحرارة والرطوبة، و أيضا نتيجة لتعرضها لضغط الهواء داخ ل مسام الحجر عند تمدده بالحرارة ، و لهذا السبب فإنه يجب في الحالات التي لا تساعد فيها مسامية الأحجار لنفاذ محاليل التقوية إلى مسافة كبيرة داخل الحجر استخدام محاليل تسمح بنفاذ الهواء عند تم دده مثل محلول السيليكون أو محلول من المواد الأكريليكية ، واستخدام هذه المحاليل بنسب تركيز منخفضة.

– استخدام محاليل التقوية بدرجات تركيز مناسبة بحيث لا تسبب تغيير في لون الأحجار المعالجة و لا تكسبا لمعانا غير مستحب بعد العلاج.

– القيام بعملية التقوية على م راحل و يجب البدء بمحاليل مخففة و بعد الجفاف تستخدم محاليل أكثر تركيزا و هكذا إلى إن تتم عملية التقوية.

– القيام بأعمال التقوية في جو معتدل حيث أن سرعة تطاير المذيبات العضوية سوف تتسبب في تغيير نسب المحاليل ، كما أنها تؤدي إلى تراكم مواد التقوية على سطح الأثر.

– إضافة قليل من الرمل أو غيره من المواد المالئة إلى اللدائن الصناعية من فصائل الإيبوكسي و ما يشابهها ، حتى يمكن التقليل من انكماشها عند التصلب إلى أقصى قدر ممكن.[531]

---

[530]محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 97، 98

[531]نفسه، ص 98، 99

– الإقتصار على استعمال لدائن الإبوكسي و اللدائن المشابهة في تقوية الأحجار من الداخل بعيدا عن الأسطح.

– إزالة اللدائن الصناعية التي تسيل على أسطح الكتل الحجرية قبل تصلبها باستعمال قطعة من القطن ملفوفة بقماش الشاش و مبللة بالأسيتون.

– عدم الإفراط في استخدام اللدائن الصناعية في تقوية الكتل الحجرية المعرضة للشمس، والاقتصار في استخدامها على الحالات الضرورية.[532]

3-1- أهم المواد الكيميائية المستخدمة في تقوية الأحجار:

يتوقف نجاح عملية التقوية على دراسة الأثر المراد ترميمه دراسة دقيقة إلى جانب دراسة خصائص المادة المستخدمة و الظروف المحيطة المؤثرة على الأثر، و يجب أن يتوفر في المقوي القوي عدة مواصفات منها:

- تميز مادة التقوية بعد الجفاف بالشفافية و التماسك مع التمتع بقدر من المرونة.
- يفضل أن تكون مقاومة للانكماش بنسبة لا تقل عن 80% حتى لا تسبب حدوث تشوه داخلي لمادة الأثر.
- تسمح بقدر مناسب من النفاذية.
- غير حساسة للتغير الضوئي و الأكسدة.
- عكسية الإستخدام أي يمكن التخلص منها عند الحاجة بسهولة و بدون تعريض الأثر لأي تدهور أو تغير في التركيب الكيميائي.
- ألا تسبب تغيرا كبيرا في المظهر و اللون الطبيعي للسطح أو لطبقات الألوان ويمكن استخدامها بدون أن يؤدي ذلك إلى منع استخدام مواد ترميم أخرى.
- ألا تتحد كيميائيا مع الأثر بحيث تصبح جزء منه.

[532]عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 256

- أن تكون قابلة للذوبان في أكثر من مذيب عضوي.[533]
- أن تكون ذات قدرة عالية على الإلتصاق.
- أن تكون مقاومة بيولوجيا.
- أن تكون مقاومة للعوامل الجوية.[534]

و هناك مواد عديدة تستخدم لتقوية الأحجار و التي تقسم غالبا إلى مجموعتين رئيسيتين:

- مقويات غير عضوية
- مقويات عضوية (الراتنجات الصناعية)
- السيليكونات

3 1 1 المقويات غير العضوية:

و تشمل المواد التي لها القدرة على ربط حبيبات الحجر في حالة الأحجار الضعيفة، و يرجع فعل تقويتها إلى قدرتها على التغلغل داخل الأحجار و ربط حبيباتها المعدنية مع بعضها، و من أمثلة هذه المقويات نجد:

- سيلكات الصوديوم و البوتاسيوم
- ألومينات الصوديوم و البوتاسيوم
- هيدروكسيد الباريوم
- هيدروكسيد الكالسيوم
- فلوسيلكات الزنك الماغنيزيوم[535]

من خصائص المقويات غير العضوية أنها تتمتع بخواص جيدة ضد القدم بواسطة الضوء و الأكسجين إلا أن أهم عيوبها أنها لا تقاوم الصدمات الميكانيكية كما يوضحه الشكل رقم (54)، بالإضافة إلى ذلك فبعض المقويات غير العضوية تكون أملاحا كمنتج

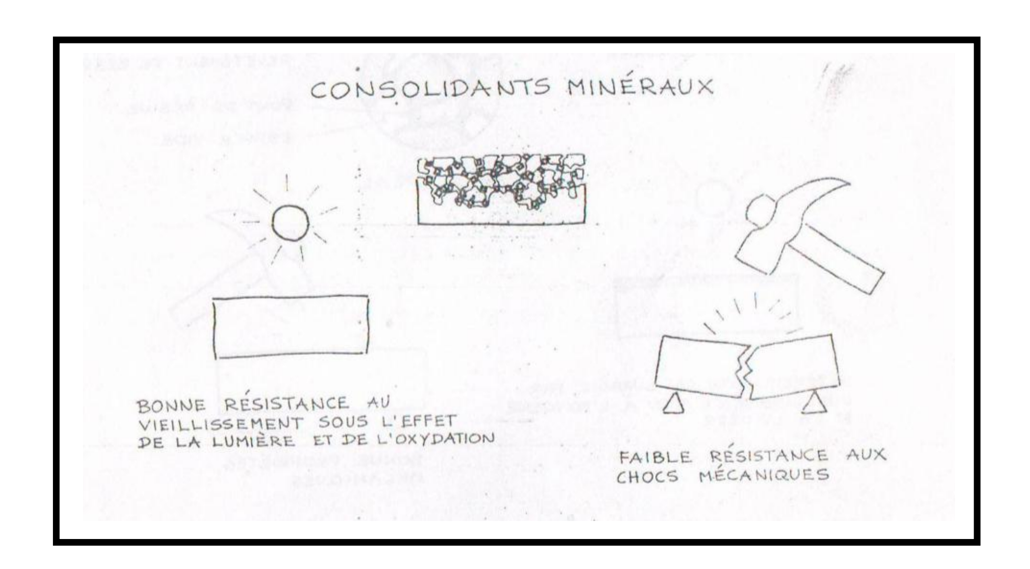
---

[533] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 124

[534] خالد (غنيم) ، برخينيا (باخ ديل بوثو)، مرجع سبق ذكره، ص 104

[535] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص99

جانبي في تفاعلات التقوية ، و يلاحظ أن مثل هذه المقويات التي تكون أملاح تستخدم فقط في حالة اتخاذ الاحتياطات اللازمة لإزالة أي أملاح ذائبة تتكون على سطح الحجر بعد التقوية.[536]



شكل رقم(54): مقاومة المقويات غير العضوية لعامل القدم و عدم مقاومتها للصدمات الميكانيكية
Dans : Torraca (G), op.cit, p89

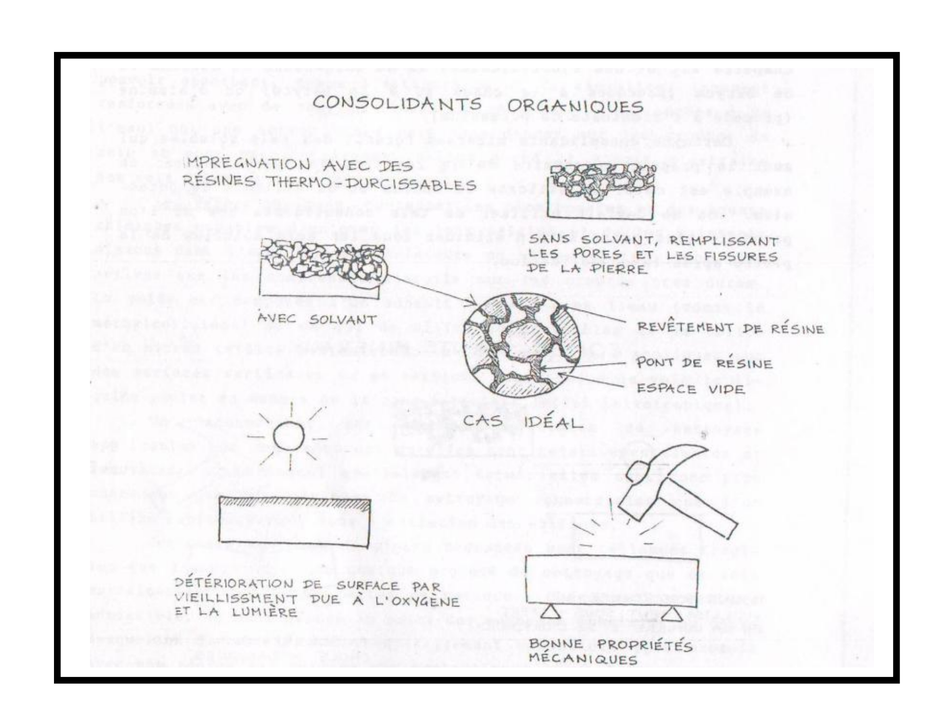
3 1 2 المقويات العضوية(الراتنجات الصناعية):

تعمل الراتنجات الصناعية على زيادة مقاومة الآثار الحجرية للتأثيرات الميكانيكية الناتجة عن الضغوط الناشئة من تبلور الأملاح داخل المسام بالإضافة إلى مقاومتها للظروف البيئية المحيطة، و الراتنجات الصناعية عبارة عن مركبات عضوية مخلقة ذات أوزان جزيئية عالية التبلمر و ينتج من التفاعل الكيميائي لاثنين أو أكثر من نفس جزيئات المركب الواحد أو من جزيئات مركبات مختلفة و يطلق مصطلح البلمرة على التفاعل الذي يحدث للجزيء الابتدائي المعروف باسم المونيمر، حيث يتم اتحادها مكونة سلسلة طويلة لمادة جديدة تسمى بوليمر، و يجب قبل استخدام الراتنجات الصناعية لعلاج الآثار

536 Torraca (G), op.cit, p 89

الحجرية التعرف على خواصها الكيميائية و الفيزيائية و الحرارية و عمل تقييم لها لمعرفة مدى ملائمتها لعلاج و صيانة الآثار الحجرية و طرق تطبيقها و ذلك للوصول إلى أفضل النتائج.[537]

و يلاحظ أن المقويات العضوية تعمل على تحسين الخواص الميكانيكية للحجر المقوي، إلا أن هذه المقويات نفسها تتحلل ببطء تحت تأثير الأكسجين و الضوء كما هو موضح في الشكل رقم (55) على عكس المقويات غير العضوية، كما أن المقويات العضوية تبقى داخل مسام الحجر لفترة طويلة جدا ، و تعمل كمادة واقية أو حافظة ضد عوامل التجوية.[538]



شكل رقم (55) : مقاومة المقويات العضوية للصدمات الميكانيكية و عدم مقاومتها لعامل القدم
Dans : Torraca (G), op.cit, p90

[537] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 125
[538] Torraca (G), op.cit, p 90

3-1-2-1- أهم خواص الراتنجات الصناعية:

أ -الخواص الميكانيكية:

و هناك عدة عوامل تتحكم فيما تتميز به الراتنجات من خصائص ميكانيكية لعل أهمها الوزن الجزيئي و حرارة التحول الزجاجية و طريقة إعدادها للاستخدام ، عوامل التقادم الزمني، و التلف الكيميائي الضوئي و كذلك على الطبيعة الكيميائية للبوليميرات، و تعتبر الصلادة من بين أهم الخصائص الميكانيكية و مصطلح الصلادة يعبر عن خصائص منها مقاومتها للخدش و الثني و الكسر كما يعبر عن مرونة و لدونة المادة الراتنجية.[539]

ب -الخواص البصرية:

- **معامل الإنعكاس الضوئي:**

و هو يعبر عن قدرة الراتنجات على انعكاس أو تسريب الضوء خلال الأسطح الرقيقة التي تكونها ، كما أنها تحدد مدى كفاءتها في العلاج ، فالراتنجات التي تعكس الضوء أكثر كفاءة من التي تمتص الضوء أو يتسرب من خلالها، و يؤثر التلوث الجوي والرطوبة النسبية في الوسط المحيط على معامل الإنعكاس الضوئي للراتنجات.

- **اللون:**

معظم الراتنجات المستخدمة تعطي ألوان شفافة سواء أكانت منتجة على هيئة سوائل أو مواد صلبة ، إلا أن الكثير منها يتحول إلى اللون الأصفر غير المستحب بعد العلاج، وذلك نتيجة التغير في خصائصها الفيزيائية و الكيميائية لتعرضها لعوامل التلف المختلفة.[540]

[539]إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 125

[540]نفسه ، ص 126

- **اللمعان:**

يعبر مصطلح اللمعان على درجة لمعان أسطح الراتنجات عندما يسقط عليها الضوء سواء كان طبيعيا أو صناعيا، واختلاف درجة لمعان الراتنجات المستخدمة في العلاج بعد تعرضها فترة طويلة لعوامل التلف المختلفة يحدد مدى ما حدث لهذه الراتنجات من تغيرات في في خصائصها الميكانيكية و الكيميائية كما يحدد أيضا مدى كفاءتها في العلاج، فالراتنجات التي تعطي أسطح شديدة اللمعان غير مستحبة كما أنها تتعرض للتلف أكثر من الأسطح قليلة اللمعان.[541]

و نظرا لأن معظم الراتنجات الصناعية لا يكشف المنتج عن تركيبها الكيميائي كلية (الإضافات التي تحدد و تميز إنتاجه)، لذلك فهناك سلسلة من الإختبارات ممكن تنفيذها لمعرفة مناسبة المادة الراتنجية لتقوية الآثار الحجرية و هذه الإختبارات هي:

- **الإسترجاعية:**

و القي تختبر بعدد ملائم من المذيبات ، و الناتج الحاصل من إذابة المادة الصلبة بالسائلة يسمى المحلول و من الصعب استرجاع المادة سليمة غير متغيرة ، و أغلب المستويات الأساسية للإسترجاعية هي رجوع الأثر إلى حالته قبل العلاج ، و في حالة الراتنجات ذات الروابط المتقاطعة مثل الإيبوكسيات فلا توجد مذيبات لها و لإزالة سلسلة واحدة من أخرى تكسر الروابط الكيميائية و هذا يدمر الراتنج.[542]

- **التقادم الحراري:**

و تجري عمليات التقادم الحراري و ذلك للإسراع من أي تفاعلات و التي ربما تحدث عن درجة الحرارة المحيطة ، و يتم ذلك بتعريض العينة لدرجة حرارة عالية لمدة معينة

---

[541] محمد عبد الله (إبراهيم)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 126

[542] نفسه، ص 126

والخواص التي تتغير عند التقادم تكون عادة هي خاصية الإسترجاعية و اللون و تجري عملية التقادم الحراري باستخدام الأفران الكهربائية.

- **التقادم الضوئي:**

و يمكن استخدام الضوء المرئي أو مستويات الضوء فوق البنفسجي و يمكن أيضا استخدام الضوء الفلورسنتي حيث تعرض العينة لمدة 24 ساعة يوميا، و مستويات الضوء العادي 15 لوكس أما أنبوبة الفلورسنت فتعطي 400 لوكس على بعد 30 سم و هذا أيضا يعجل من التقادم ، يمكن تقييم التقادم الضوئي عن طريق التغيرات اللونية و ذلك بإرجاعها إلى لون قياسي، و تحدث تغيرات في خاصية الذوبانية و المرونة و الوزن الجزيئي و تناقص اللزوجة للبوليمر بعد عملية التقادم الضوئي.[543]

3-1-2-2- أنواع الراتنجات الصناعية المستخدمة في الصيانة و الترميم:

تنقسم الراتنجات الصناعية تبعا لاستخدامها في أعمال الصيانة و الترميم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

أ -راتنجات أو لدائن الترموبلاستيك:

هي مواد صلبة تنصهر أو تلين بالحرارة ثم تتجمد ثانية عندما تبرد ، و هي تتألف من سلاسل خطية طويلة من جزيئات متك ررة و لا توجد بينها وص لات عرضية ، و هذه الأنواع تكون عادة قابلة للذوبان في المذيبات العضوية إلا إذا كانت ذات تبلمر عال جدا مثل خلات الفنيل المبلمرة، كحول البولي فينيل و البولي ماثا أكريلات و غيرها.[544]

---

[543] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 127

[544] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 304

ب -راتنجات الترموستنج:

تنتج هذه الراتنجات عن تفاعلات التكثيف بين جزيئات هذه الراتنجات في ظل معدلات حرارة عالية حتى تتصلب و تأخذ شكلها النهائي بعد التجمد، و لا يمكن تطريتها و صهرها بالحرارة بعد ذلك كما أنها تصبح غير قابلة للذوبان في المذيبات العضوية وتكون فيها الجزيئات مرتبطة ببعضها على شكل نسيج شبكي.[545]

يستخدم هذا النوع من الراتنجات في علاج الآثار و المقتنيات الحضارية و الثقافية ، وتتجمد هذه الراتنجات نتيجة لحدوث تفاعل كيميائي بينها و بين المجمد الخاص بها ، وتختلف طريقة استخدام هذا النوع من الراتنجات باختلاف الكيفية التي يمزج بها المجمد بالراتنج، و توجد ثلاثة أساليب لمزج الراتنج بالمجمد الخاص به و هي:

- يضاف المجمد إلى الراتنج السائل بنسبة معينة و يمزج به جيدا بحيث يمكن أن يتجمد المزيج بعد فترة وجيزة من عملية المزج.
- يدهن أحد الأسطح المراد لصقها بالمجمد بينما يدهن السطح الآخر بالراتنج ثم يوضع السطحان معا و يضغط فوقهما ببعض الأثقال أو بواسطة مكبس يدوي أو آلي، و بذلك يتجمد الراتنج و يلتصقا معا.
- ينتج الراتنج ممزوجا المجمد الخاص به على هيئة مسحوق جاف يضاف إليها الماء قبل الإستعمال مباشرة، و بذلك ينشط التفاعل بينهما مما يؤدي إلى تجمد الراتنج.

و يتوفر حاليا في الأسواق ثلاثة أنواع من هذه الراتنجات:

- راتنجات الفينول: و تحضر بتكثيف الفينول مع الفورمالدهيد و قد توقف استعمالها في أغراض العلاج و الترميم ، و ذلك لكونها تكسب السطوح المعالجة بها لونا قاتما كريها.

---

[545] محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 101

- راتنجات اليوريافورمالدهيد: و تحضر بتكثيف البولينا و الفورمالدهيد ، و هي من أفضل الأنواع التي يمكن استخدامها في أغراض العلاج و الترميم.
- راتنجات الميلامين: و تحضر بتكثيف الميلامين و الفورمالدهيد.[546]

ت -راتنجات الكولدسيتنج:

هي راتنجات ذات طبيعة خاصة و تصنع في درجة الحرارة العادية (23°مئوية) بنسب معينة حيث تتوقف هذه النسب و كذلك الوقت اللازم للتجمد على نوع المونيمر ونوع المجمد، و بعد التجمد لا يمكن تطرية الراتنج المتكون أو صهره بالتسخين كما أنه يصبح غير قابل للذوبان في المذيبات العضوية و تشمل راتنجات الإيبوكسي والبوليستير.

ومن مميزات راتنج الإيبوكسي أنه لاصق جيد لمعظم المواد و مقاوم للماء ، والعديد من الكيماويات و اللواصق و المقويات التي تعتمد في تركيبها على راتنجات الإيبوكسي، و هي منتشرة الاستعمال في صيانة و حفظ الأحجار حيث تستخدم في إعادة تثبيت وتجميع كتل الأحجار المكسورة و سد الشقوق بها و تقوية بنيتها الداخلية.

و من أهم راتنجات الإيبوكسي المستخدمة حاليا النوع المعروف باسم الأرالديت و هو ضمن أنواع و أصناف متعددة لها درجة لزوجة متفاوتة لاستخدامها في الأغراض المختلفة.[547]

كما توجد أنواع أخرى من اللدائن الصناعية تنتج عن تحوير بعض المواد الطبيعية ، ومنها لدائن مشتقات السليلوز ، و هي مستخدمة بكثرة في مجال الصيانة و الترميم، والأنواع الشائعة الإستعمال هي:

- لدائن نترات السليلوز
- لدائن خلات السليلوز

---

[546]عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 211، 212

[547]محمد (عبد الهادي محمد)، مرجع سبق ذكره، ص 101

- لدائن خلات بيوتيرات السليلوز

و رغم تميزها بالشفافية و كذا الثبات من الناحية الكيميائية ، إلا أن جميع لدائن السليلوز تتأثر بالضوء وتفقد صلابتها بمرور الوقت نتيجة لقابليتها لفقد المواد الملدنة، و من هذه الوجهة أثبتت التجارب أن لدائن خلات بيوتيرات السليلوز أكثر هذه اللدائن احتفاظا بالشفافية و الصلابة، و لهذا فهي أصلح هذه اللدائن لأعمال الصيانة و الترميم، و هي تذوب في الأسيتون و التوليان و الكحول الإيثيلي.[548]

3-1-2-3- تجوية اللدائن الصناعية:

اللدائن الصناعية تتحلل بفعل تأثير البيئة و العامل الأساسي في التحلل هو غاز الأكسجين، خاصة في وجود الضوء، إذ ثبت أن الأشعة فوق البنفسجية هي أخطر الإشعاعات على المواد المصنعة من اللدائن الصناعية.

و أكسدة اللدائن الصناعية يتم بأسلوبين:

- تكسر الجزيئات، و تكوين جزيئات صغيرة مؤكسدة
- فك الإرتباط المستعرض بين السلاسل الطويلة

و تكون نتيجة هذه العمليات المعقدة ما يلي:

- تغير اللون
- فقدان قوى الشد
- الهشاشة

و غالبا ما تصبح المواد قابلة للذوبان في الماء، و يسهل غسلها و نزحها من الأسطح الظاهرة.[549]

[548] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 212، 213

[549] Torraca (G), op .cit, p131

3 1 3 السيليكونات:

تتميز السيليكونات بخواص المقويات العضوية و غير العضوي ة في نفس الوقت ، أي أن جزء منها عضوي و آخر غير عضوي ، لذلك فإن السيليكونات من الممكن أن تمثل حل وسط بين خواص كل من المقويات ال عضوية و غير العضوية عند التقوية، ومن أهم خواص السيليكونات الهامة جدا و المفيدة عند استخدامها في التقوية أنها مواد طاردة للماء، و بما أن الماء عامل أساسي من عوامل تلف المواد الأثرية ، فإن خاصية طرد الماء عامل هام يخفض معدلات تلف هذه المواد، كذلك فإن السليكونات تتأكسد بواسطة الأكسجين والضوء بصورة أكثر بطئا من راتنجات الترموسيتنج.[550]

3 1 4 المقويات المؤقتة:

تستخدم المقويات المؤقتة عندما يكون ا لمطلوب تقوية الحجر في الحال ، و لكن القرار النهائي في اتخاذ النوع الأمثل في عمليات الصيانة يجب أن يتخذ و يكون له الأولوية، وعادة تستخدم في مثل هذه الحالات أيا من راتنجات الترموبلاستيك أو راتنجا ت الترموسيتنج حسب الحالة التي يراها المرمم.

راتنجات الترموبلاستيك لا تتخلل مسام الحجر الصغيرة بسهولة، و ذلك لأن جزيئاتها كبيرة جدا، أيضا فإن خواصها الميكانيكية أقل من الخواص الميكانيكية لراتنجات الترموسيتنج، و بالرغم من ذلك فإن راتنجات الترموبلاستيك تتمتع بصفة العكسية حيث يمكن إذابتها و تحويلها إلى حالة السيولة باستخدام أحد المذيبات المناسبة، في حين أن راتنجات ترموسيتنج و السيليكونات، و المقويات غير العضوية مواد غير عكسية ، علاوة على ذلك فإن بعض راتنجات الترموبلاستيك و بصفة خاصة راتنجات الأكر يليك أكثر مقاومة لعملية الأكسدة.

---

550 Torraca (G), op.cit, p91

و لا شك أن عملية اختيار المقوي المناسب للحجر المتحلل تظل عملية صعبة الحل في معظم الحالات، و يجب أن تتم على أسس سليمة ، و غالبا ما تتم عملية الإختبار بناءا على اختبارات التجوية المقارنة التي تتم على عينات من الأحجار، و في مثل هذه الإخ تبارات يتم عمل عينات من الأحجار ، و معالجة بعض منها بمقويات مختلفة و ترك بعضها دون علاج ، و تعريض الجميع في نفس الوقت لدورات ا لتجوية وبعد ذلك مقارنة النتائج التي يتم الحصول عليها.

كما يعتمد اختيار نوع المقوي في بعض الأحيان على نوع الحجر ، فالحجر الرملي يفضل أن يعالج بمقويات من نوع السيليكا في حين يفضل معالجة الحجر الجيري باستخدام مقويات من نوع كربونات الكالسيوم أو كربون ات الباريوم، أما السيليكونات وراتنجات الترموسيتنج فيمكن تطبيقها على أي نوع من أنواع الحجر.[551]

3 2 طرق التقوية:

3 2 1 الإسقاء:

تسقى الكتل الحجرية بمحاليل المواد المقوية، إما باستخدام فرشاة ناعمة و مناسبة الحجم أو باستخدام مسدس رش مناسب القوة ، و في الواقع فإن درجة مسامية الأحجار سوف تتحكم في اخ تيار مواد التقوية و نسب تركيزها ، بل سوف تتحكم في طريقة العمل ذاتها.

و بصفة عامة فإنه يمكن استخدام محاليل المواد الآتية:

- لدائن خلات الفنيل المبلمرة الذائبة بنسبة من 3 إلى 7% في مزيج من المذيبات العضوية يتكون من الأسيتون و التوليان و خلات الأميل و الكحول الإيثيلي.
- راتنج البيداكريل الذائب بنسبة تتراوح من 3 إلى 7% في مزيج من المذيبات العضوية يتكون من الأسيتون و التوليان و البنزول و الكحول الإيثيلي.

[551] Torraca (G), op.cit, p91

- محلول البرالويد بنسبة تتراوح من 3 إلى 7% في مزيج من المذيبات العضوية يتكون من الأسيتون و التوليان و البنزول و الكحول الإيثيلي.
- مستحلب خلات الفنيل المبلمرة (الفينافيل) المخفف بالماء بنسبة 1/4 أو 1/5 أو 1/6 بللحجم.
- الأرالديت 335، 101، 102 بعد تخفيفه إلى النسب الملائمة بمزيج من المذيبات العضوية مكونة من الأسيتون و التوليان.
- محلول النايلون القابل للذوبان في الكحول الإيثيلي المضاف إليه الماء بنسبة 10%.[552]

3 2 2 الحقن:

تتم عملية التقوية بطريقة الحقن من خلال الشقوق و الشروخ و الفجوات الموجودة بالكتل الحجرية ، و في حالة عدم وجود مثل هذه المن افذ تجهز للتقوية ثقوب رفيعة ، ويفضل أن تكون بعيدة عن النقوش و الكتابات، كما يفضل أن تتم عملية الحقن من السطوح الغير منقوشة إذا كان هذا م يسرا، و يستخدم في التقوية محاليل الم واد السابق ذكرها، ويتعين إزالة ما يخرج منها على السطوح فورا باستخدام قطعة من القطن مبللة بالأسيتون وملفوفة بقماش الشاش.[553]

3 2 3 التقوية باستخدام أسياخ من الحديد:

و تتبع هذه الطريقة في حالة وجود شروخ كبيرة يخشى أن تتسبب في انفصال أجزاء الكتل الحجرية ، و تتلخص هذه الطريقة في ربط الشروخ بأسياخ من الحديد ، ويفضل الغير قابل للصدأ ، و ذلك في ثقوب تعمل خصيصا لهذا الغرض بواسطة مثقاب

[552] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص 256، 257

[553] نفسه، ص 212، 213

يدوي أو آلي، تثبت بأحد اللدائن الصناعية القوية مثل لدائن الإيبوكسي مخلوطا بمسحوق الحجر الذي يجري ترميمه.[554]

4- الترميم:

4-1- أسس و قواعد الإستكمال للآثار:

نظرا لأهمية الإستكمال للأجزاء الناقصة فإن هذه الإجراءات من الضرور ي أن تقوم على أسس و قواعد محددة ، تلك القواعد التي أقرتها كثيرا من المؤتمرات العلمية والمواثيق الدولية و التي تكمن في:

- لا يجوز استكمال أجزاء مفقودة دون وجود نقاط إرشادية من جسم الأثر أو الإستناد إلى سند علمي أو تاريخي مؤكد و أن يكون ذلك بهدف صيانة الأثر والحفاظ عليه.
- يجب أن تدمج الأجزاء المستكملة بتوافق و تآلف مع الأثر و لكن في نفس الوقت يجب أن تكون مميزة عن الأصل، حيث أن الترميم ليس تزييفا للشواهد الفنية والتاريخية.
- يجب التوقف عن الترميم عندما يبدأ التخمين : أي أن الجزء المراد استكماله لا توجد له أي نقاط إرشادية تدل على تفاصيله أو أية وثائق أو صور أو أوصاف تاريخية.
- اعتبار كل أو معظم الأسس و القواعد التي يجب اتباعها في مجال الترميم بصفة عامة أساسا يعتمد عليه عند القيام باستكمال الأحجار الأثرية الناقصة.
- عندما يتميز الأثر بندرته و تمتعه بقيمة أثرية مميزة و عند تعذر وجود نقاط إرشادية فإنه يمكن الإعتماد على كافة الوسائل الممكنة لإ دراك حدود و تفاصيل

[554] عبد المعز (شاهين)، مرجع سبق ذكره، ص257

الجزء الناقص من الأثر و خاصة الوثائق و الرسوم و الصور أو المصادر التاريخية أو الإستنتاج من مباني معاصرة لذلك العمل.[555]

4-2- إستكمال الأجزاء الناقصة:

تعتبر عمليات الإستكمال للأجزاء الحجرية الناقصة من أهم و أدق العمليات في مجال ترميم الأحجار و ذلك نظرا لما تحققه هذه العمليات من استمرارية بقاء الأ ثر بتفاصيله المعمارية و الفنية ، و قد كانت هذه العملية تتم في البداية طبقا للإجتهادات الشخصية قبل أن يكون لهذه العمليات قواعدها و أسسها العلمية و التي نمت و تطورت من خلال مؤتمرات علمية و مواثيق دولية اتفق عليها و التي اتفق فيها على أن:

- الإستكمال هو أحد الوسائل الهامة لإطالة عمر الأثر الحجري ، أي القوة اللازمة للبقاء على المدى الزمني البعيد.
- القضاء على نقاط الضعف للأثر الحجري حيث أن الأجزاء الناقصة ربما تكون في أحد أركانه السفلية إذا كان جدارا أو في منتصفه إذا كان تمثالا.
- إعطاء الأثر الحجري قوة الإحياء التاريخي من خلال شكله الأصلي سواء هيكل الأثر أم ما يحمله من زخارف و نقوش.
- و لما كان الغرض الأساسي من ترميم الآثار الحجرية هو حمايتها و الحفاظ عليها، و المبدأ الواجب التقيد به هو الحفاظ على البناء و ما به من فن معماري أو فنون زخرفية دون إدخال أي تعديل أو تجديد على الأثر سوف يغير من معالمه، ويتعارض بالتالي مع مفهوم الأصالة كثيرا أو قليلا.[556]

---

[555] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر و التوزيع، جمهورية مصر العربية، 2014م، ص 162، 163

[556] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 128، 129

و من هذا المفهوم برزت أمام المرممين و الأثريين قضية هامة اختلفت حيالها الآراء والإتجاهات، و هي قضية ذات شقين:

الأول: هو الإختيار ما بين ضرورة الإستكمال للأجزاء الناقصة للآثار و ما بين تركها دون استكمال.

الثاني: إذا ما تكرر القيام باستكمال الأجزاء الناقصة فكيف يتم التمييز بين الأجزاء القديمة و الأجزاء المستكملة.

و من هذا المنطلق ظهرت العديد من المدارس و الآراء التي تنادي بعضها بعدم الإستكمال تماما للأثر و البعض ا لآخر ينادي بالإستكمال التام لعناصر الأثر ، و بين هذين الرأيين آراء أخرى.

و حلا لهذا التناقض في الآراء فإن عملية الإستكمال للآثار يفضل القيام بها متى كانت الأجزاء الناقصة معلومة في شكلها و تفاصيلها ، و متى كان استكمال الجزء الناقص يعطي للأثر قوة الإحياء الت اريخي و القوة اللازمة ل لبقاء على المدى الزمني الطويل وإظهار ما هو خفي للعين المجردة و يخدم في مجال الدراسات الأثرية.

أما من ناحية كيفية الإستكمال و التمييز بين الجزء المستكمل و الجزء الأثري فإن الأمر يختلف هنا من أثر لآخر ، و غالبا ما تستكمل الأجزاء الناقصة باستخدام نفس مادة الحجر أو ما يشابهها من حيث مكوناتها المعدنية و خواصها الطبيعية بحيث تكون مادة الإستكمال المختارة متوافقة في خواصها مع المادة الأصلية للأثر.[557]

4-3- استكمال مواد البناء البسيطة:

إذا كانت العناصر الناقصة مؤلفة من مواد البناء العادية الخالية م ن الزخارف والنقوش كحجارة البناء ، فمثل هذه الأجزاء يمكن استكمالها وفق الأصل القديم المتبقي أو

[557]إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 129

باستخدام نفس المواد و يفضل هنا التمييز بين القديم و الجزء المجدد و تجنب القيام بعملية تموه أو تعتيق الأجزاء الجديدة، كما يفعل بعض المرممين لإضفاء طابع الإنسجام و الوحدة على البناء المرمم ، و بما أن الزمن كفيل بإزالة الفوارق فمن المستحسن كتابة تاريخ التجديد على الأقسام الجديدة في مكان مناسب، و قد يتشدد البعض و يعتبر التأريخ غير كاف لإزالة الشك فيعمد إلى تغيير طريقة نحت الحجر أو تغيير مقاييس المداميك من أجل التمييز بين القديم و المجدد.[558]

4-4- ملء التجاويف و أماكن الربط المفتوحة:

الغرض من هذه العملية هو الحصول على سطح ناعم بدون شروخ أو فتحات للمحافظة على القيمة الجمالية للأثر الحجري ، و لملء الفتحات الواسعة تستخدم عجينة مناسبة و التي يجب أن يتوفر فيها قوة الإلتصاق العالية بالحجر و أن تتوافق خصائصها الفيزيائية و الميكانيكية مع الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للحجر، و هي تتكون من مواد مالئة مثل الرمل أو حبيبات الزجاج أو مسحوق الحجر مع مواد رابطة مثل الجير أو الراتنجات الصناعية مثل مستحلبات الأكريليك و السيليكونات و لواصق الإيبوكسي.[559]

5-تأهيل المباني الأثرية:

لم تعد المباني الأثرية مجرد مباني مهجورة ليس لها دور في حياة المجتمع، بل إن المتخصصين في ترميم و صيانة التراث المعماري يرون أن إعادة تأهيل هذا التراث بحيث يلعب دورا ثقافيا واجتماعيا واقتصاديا في حياة المجتمع يضيف إلى هذا التراث قدرا كبيرا من الأهمية ، بل أن إعادة التأهيل تعتبر من أهم الوسائل في الحفاظ على هذا التراث من الإهمال و الدمار طالما أن القائمين على تنفيذ سياسة تأهيل المباني الأثرية يتمتعون بالخبرة الواسعة في هذا المجال و يتبعون الأسس و القواعد العل مية السليمة في

---

[558] عبد القادر (الريحاوي)، مرجع سبق ذكره، ص34

[559] إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، مرجع سبق ذكره، ص 165

هذا الشأن و التي تحفظ لهذا التراث خصائصه و مميزاته التاريخية و الثقافية والجمالية.[560]

إن من يتتبع جهود الدول المتقدمة في سبيل ترميم و صيانة تراثها المعماري يلاحظ أنها تولي موضوع تأهيل هذا التراث اهتماما خاصا و ذلك من منطلق الإتجاهات الآتية:

- أن هذا التراث يعتبر الدليل المادي الذي لا يتطرق إليه شك و الذي يبرز مدى التطور الذي حققته الشعوب في العمارة و الفنون.
- إن صيانة المباني الأثرية و الحفاظ عليها أطول فترة ممكنة تتبع من تأهيلها وإزالة الغبار عنها.
- إن الهدف الأسمى من وراء تأهيل المباني الأثرية هو المحافظة على تطور الطراز المعماري و الزخرفي الذي تعكسه تلك المباني.[561]

و يجب أن تهدف برامج تأهيل المباني الأثرية إلى تحقيق ما يلي:

- النهوض بالحرف و الصناعات و الفنون الأثرية التي كانت شائعة في العصور التي شيدت فيها تلك المباني مثل فنون نحت الأحجار و تزيينها بالزخارف النباتية والكتابية و الهندسية المختلفة.
- تهيئة بعض الأماكن المحيطة بالمباني الأثرية لكي تكون بمثابة مسارح في الهواء الطلق لعرض الفنون الإستعراضية التراثية و غيرها.
- تحويل الفراغ المحيط بالمباني الأثرية إلى مناطق خضراء بها بعض الأشجار والأزهار ما يلع ب دورا هاما في زيادة الإحساس بجمال هذه المباني في نفوس الزائرين و لا بد من أن يكون لهذه المناطق الخضراء نظام ري لا يتسبب في تلف هذه المباني.

[560] إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 131

[561] نفسه، ص 131، 132

- تزويد المناطق الأثرية بنظام إضاءة يصمم خصيصا لهذه المناطق و يختلف عن نظام الإضاءة في المناطق التي تحتوي على منشآت حديثة، بحيث تكون أعمدة الإضاءة و المصابيح الكهربائية ذات طابع كلاسيكي.
- إعادة تخطيط المناطق المحيطة بالمباني الأثرية بحيث يسهل الوصول للآثار دون عناء أو مشقة و حتى لا تتحول هذه الآثار إلى مناطق منعزلة عن المدن بسبب صعوبة الوصول ليها عن طريق المواصلات. [562]

[562]إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، مرجع سبق ذكره، ص 133- 135

الخلاصة:

تختلف طرق صيانة و علاج المباني الحجرية طبقا لطبيعة و نوع الأحجار المكونة للأثر، و غالبا ما نبدأ أعمال الصيانة و الترميم بأعمال التنظيف الميكانيكي أو الكيميائي أو إزالة الأملاح، لكن يجب التأكد أولا من أن حالة الحجر تسمح بذلك و بدون أن تسبب هذه الأعمال في تساقط أجزاء من الحجارة، و في مثل هذه الحالات يجب البدء بعمليات التقوية المبدئية يعقبها عمليات التنظيف و أعمال الترميم الأخرى كإكمال الأجزاء الناقصة و كذا عمليات التقوية النهائية.

لكن تبقى التدابير الوقائية أحسن طريقة لحماية المعالم الأ ثرية من أخطار التلف المختلفة ، حيث نخفف من تأثير هذه العوامل عن طريق زيادة مقاومة البناء و إزالة نقاط الضعف فيه كسد التشققات التي تسبب تسرب الماء و الأملاح إلى داخل المباني الأثرية، و استكمال الأجزاء الناقصة في المبنى خاصة التي تكون في الأسفل و التي تحمل ث قل المبنى أو تكون عنصرا إنشائيا هاما كالأعمدة حتى لا تسبب في انهيار المبنى بتعرضه للهزات المختلفة.

الخاتمة:

تلعب العوامل الفيزيوكيميائية و الميكانيكية و البيولوجية دورا هاما في تلف الآثار الحجرية، و تشمل العوامل الفيزيوكيميائية على الرطوبة و الح رارة و الرياح و الأملاح والتلوث حيث تعمل هذه العناصر متكاملة في إحداث تلف على الآثار، أما العوامل الميكانيكية فتشمل على الرياح و الإهتزازات و الزلازل بالإضافة إلى العامل البشري نتيجة لقلة الوعي بقيمة هذه المباني الأثرية فيعمد الزوار إلى الكتابة عليها بمختف الدهانات والمشي فوقها و غيرها من السلوكات التي تؤثر على تلك المباني، أما عوامل التلف البيولوجية فتشمل على الكائنات الحية الدقيقة و النباتات و الحيوانات و غيرها.

و عند إجراء عمليات الحفظ و الترميم على المباني الأثرية لا بد من البدء بدراسة شاملة للعوامل البيئية المحيطة بالأثر حتى تقدم للقائمين بأعمال الصيانة فكرة واضحة عن عوامل التلف وتأثيرها و بالتالي إختيار المواد و الطرق المناسبة التي ستستخدم في العلاج، و تتلخص أعمال الصيانة و الترميم في كل من التنظيف و هو من الوسائل السهلة و الفعالة للمحافظة على الآثار و إرجاعه إلى رونقه و بهائه حيث يستخدم فيه مواد و طرق عديدة من أجل إزالة مختلف الإتساخات و الأتربة و الترسبات المتراكمة على السطح، و يعد النسف الدقيق من أهم الطرق المستعملة للتنظيف نظرا لاستخدامه لحبيبات ذات قساوة مختلفة حسب متطلبات العمل و بالتالي نتجنب اس تعمال الماء الذي يؤثر سلبا على الحجر، بعده تأتي عملية إزالة الأملاح بشرط أن لا تسبب في انهيار بنية الحجر وكذالك القضاء على مصدرها حتى لا ترجع ثانية، كما تعد عمليات التقوية من المراحل الهامة في أعمال الصيانة حيث تعمل على ربط حبيبات الأحجار التالفة، و أخيرا تأتي مرحلة الترميم التي تشمل استكمال الأجزاء الناقصة حتى نحافظ على هذه الآثار التاريخية لأطول فترة ممكنة.

فهرس أشكال الباب الثالث

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
50	ميكانيكا نمو البلورة الملحية في عمق الحجر و بالقرب من السطح	281
51	الحالات المختلفة للجدران التي تأثرت بالزلازل	305
52	مخطط يمثل أماكن التخريب البشري على شكل حفر داخل الضريح الملكي الموريطاني	309
53	الإضرار بالأساسات	336
54	مقاومة المقويات غير العضوية لعامل القدم و عدم مقاومتها للصدمات الميكانيكية	384
55	مقاومة المقويات العضوية للصدمات الميكانيكية و عدم مقاومتها لعامل القدم	385

فهرس صور الباب الثالث

رقم الصورة	العنوان	الصفحة
35	تقشر سطح الحجر لاحتوائه على الطين	283
36	استعمال الإسمنت في الضريح الملكي الموريطاني	311
37	تقشر السطح	323
38	تقشر السطح في ضريح الخروب	324
39	تقشر السطح في الضريح الملكي الموريطاني	324
40	تقشر السطح في ضريح إمدغاسن	325
41	تفتت الصخر	325
42	تفتت الحجر في الضريح الملكي الموريطاني	325
43	تفتت الحجر في ضريح إمدغاسن	326
44	نمو النباتات	326
45	نمو النباتات في الضريح الملكي الموريطاني	326
46	نمو النباتات في ضريح الخروب	327
47	نمو النباتات في ضريح إمدغاسن	327
48	الأشنات	327
49	نمو الأشنات في الضريح الملكي الموريطاني	327
50	نمو الأشنات في ضريح الخروب	328
51	نمو الأشنات في ضريح إمدغاسن	328
52	الطحالب	329
53	نمو الطحالب في الضريح الملكي الموريطاني	329
54	نمو الطحالب في ضريح إمدغاسن	329

55	انتشار العفن	330
56	انتشار العفن في الضريح الملكي الموريطاني	330
57	تشقق الصخر	331
58	التشققات في الضريح الملكي الموريطاني	332
59	التشققات في ضريح الخروب	332
60	التشققات في ضريح إمدغاسن	332
61	تجوف الصخر	333
62	التجوف في الضريح الملكي الموريطاني	333
63	التجوف في ضريح الخروب	333
64	التجوف في ضريح إمدغاسن	333
65	تخشن السطح	334
66	تخشن السطح في الضريح الملكي الموريطاني	334
67	تخشن السطح في ضريح الخروب	335
68	تخشن السطح في ضريح إمدغاسن	335
69	تغير اللون	337
70	تغير اللون في الضريح الملكي الموريطاني	337
71	تغير اللون في ضريح الخروب	337
72	تغير اللون في ضريح إمدغاسن	337
73	الطفح الملحي	338
74	الطفح الملحي في الضريح الملكي الموريطاني	338
75	الطفح الملحي في ضريح إمدغاسن	338
76	الكتابة على الحجر عن طريق الخدش	339

77	الكتابة على الحجر باستعمال الألوان	339
78	الكتابة على الحجر بالخدش في الضريح الملكي الموريطاني	340
79	الكتابة على الحجر بالألوان في الضريح الملكي الموريطاني	340
80	الكتابة على الحجر بالخدش في ضريح الخروب	340
81	الكتابة على الحجر بالألوان في ضريح الخروب	340
82	الكتابة على الحجر بالألوان في ضريح إمدغاسن	340
83	الكتابة على الحجر بالخدش في ضريح إمدغاسن	340
84	فقدان جزء من المبنى	341
85	فقدان الباب الوهمي الجنوبي الضريح الملكي الموريطاني	341
86	فقدان الجزء العلوي في ضريح الخروب	341
87	فقدان بعض حجارة البناء في ضريح إمدغاسن	341
88	الأنابيب البلاستيكية و الإبر المثبتة على الجدران	353
89	طريقة الحقن	354
90	التنظيف بطريقة النسف الدقيق	368

قائمة المصادر و المراجع

قائمة المصادر و المراجع باللغة العربية:

1 إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، دار المعرفة الجامعية للنشر و التوزيع، مصر، 2012م.

2 إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر و التوزيع، جمهورية مصر العربية، 2014م.

3 خالد (غنيم)، برخينيا (باخ ديل بوثو)، **علم الآثار و صيانة الأدوات و المواقع الأثرية و ترميمها**، تعريب: خالد (غنيم)، بيسان للنشر و التوزيع، الطبعة الأولى، لبنان، 2002م.

4 رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م**، دار هومة، الجزائر، 2002م.

5 عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية** ، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، دون تاريخ .

6 عبد القادر (الريحاوي)، **المباني التاريخية، حمايتها و طرق صيانتها**، منشورات المديرية العامة للآثار و المتاحف، الجمهورية العربية السورية، دمشق، 1972م.

7 عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف** ، مطبعة الحضري ، الإسكندرية، 2005م.

8 عبد الله يوسف (الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 2، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الطبعة الأولى، الكويت، 1998م.

9 عبد القادر (دحدوح)، <<أثر العوامل البشرية في تلف المعالم و المواقع الأثرية>>، مجلة آثار العدد 07، جامعة الجزائر 2008م، 127- 170.

10 - كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، **أساسيات ترميم الآثار** ، ترجمة الزهراني (عبد الناصر بن عبد الرحمن)، جامعة الملك سعود للنشر، المملكة العربية السعودية، 2006م.

11 - محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، دون تاريخ.

12 - مرفت (ثابت صليب)، **تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية** ، الطبعة الأولى، الدار العالمية للنشر و التوزيع، الجيزة، 2008م.

13 - منير (بوشناقي)، **الضريح الملكي الموريطاني** ، تعريب عبد الحمي د (حاجيات)، الجزائر، 1979م.

14 - مسعود (حميان) وآخرون، **المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة** ، النسخة الإنجليزية العربية، ديوان المطبوعات الجامعية، 2016.

قائمة المصادر و المراجع باللغة الأجنبية:

15- Bromblet (PH), **guide sur les techniques de conservation de la pierre**, 2010

16- Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, 2010.

17- Caneva (G), Salvadori (O), "altération biologique de la pierre" dans: **La dégradation et la conservation de la pierre** , texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre , publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO , 1985.

18- Torraca (G), **matériaux de construction poreux**, ICCROM, Italie, 1986.

19- Torraca (G)," l'état actuel des connaissances sur les altérations des pierres : causes et méthodes de traitement", dans: **matériaux et constructions**, vol.7, N 42, 1974

الباب الرابع

الجانب الميداني و التطبيقي

الباب الرابع: الجانب الميداني و التطبيقي

مقدمة

الفصل الأول: الجانب الميداني و التطبيقي للضريح الملكي الموريطاني

تمهيد

أولا: العمل الميداني

1 -وصف الضريح

1 1 -الواجهة الشرقية

1 2 -الواجهة الجنوبية

1 3 -الواجهة الغربية

1 4 -الواجهة الشمالية

2 -تشخيص مظاهر التلف على الضريح

2 1 -نمو النباتات

2 2 -الطحالب و الأشنات

2 3 -تشقق الحجارة

2 4 -تفتت و تآكل الحجارة

2 5 -تخشن السطح

2 6 -الحفريات العشوائية والترميم الخاطئ

2 7 -الكتابة على الحجارة

2 8 -تغير اللون

2 9 -تزهر الأملاح

ثانيا: العمل التطبيقي

1- قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

1-1- التعريف بجهاز القياس

1-2- تثبيت أجهزة القياس بالموقع

1-3- النتائج المتحصل عليها

2 -التحاليل المخبرية

2-1- اختيار العينات من الموقع

2-2- التحاليل المخبرية

3 -تحليل النتائج

الخلاصة

الفصل الثاني: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح الخروب

تمهيد

أولا: العمل الميداني

1 -وصف الضريح

1-1- الواجهة الشرقية

1-2- الواجهة الجنوبية

1-3- الواجهة الغربية

1-4- الواجهة الشمالية

2 - **تشخيص مظاهر التلف على الضريح**

2-1- نمو النباتات

2-2- الطحالب و الأشنات

2-3- تشقق الحجارة

2-4- تفتت و تآكل الحجارة

2-5- تخشن السطح

2 6 الكتابة على الحجارة

2 7 تغير اللون

ثانيا: العمل التطبيقي

1- قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

1 1 تثبيت أجهزة القياس بالموقع

1 2 النتائج المتحصل عليها

2 - التحاليل المخبرية

2 1 اختيار العينات من الموقع

2 2 التحاليل المخبرية

3 - تحليل النتائج

الخلاصة

الفصل الثالث الجانب الميداني و التطبيقي لضريح المدغاسن

تمهيد

أولا: العمل الميداني

1- وصف الضريح

1 1 الواجهة الشرقية

1 2 الواجهة الجنوبية

1 3 الواجهة الغربية

1 4 الواجهة الشمالية

2 - تشخيص مظاهر التلف على الضريح

2 1 نمو النباتات

2 2 الطحالب و الأشنات

2-3-تشقق الحجارة

2-4-تفتت و تآكل الحجارة

2-5-تخشن السطح

2-6-الحفريات العشوائية والترميم الخاطئ

2-7-الكتابة على الحجارة

2-8-تغير اللون

ثانيا: العمل التطبيقي

1- قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

1-1-تثبيت أجهزة القياس بالموقع

1-2-النتائج المتحصل عليها

2 - التحاليل المخبرية

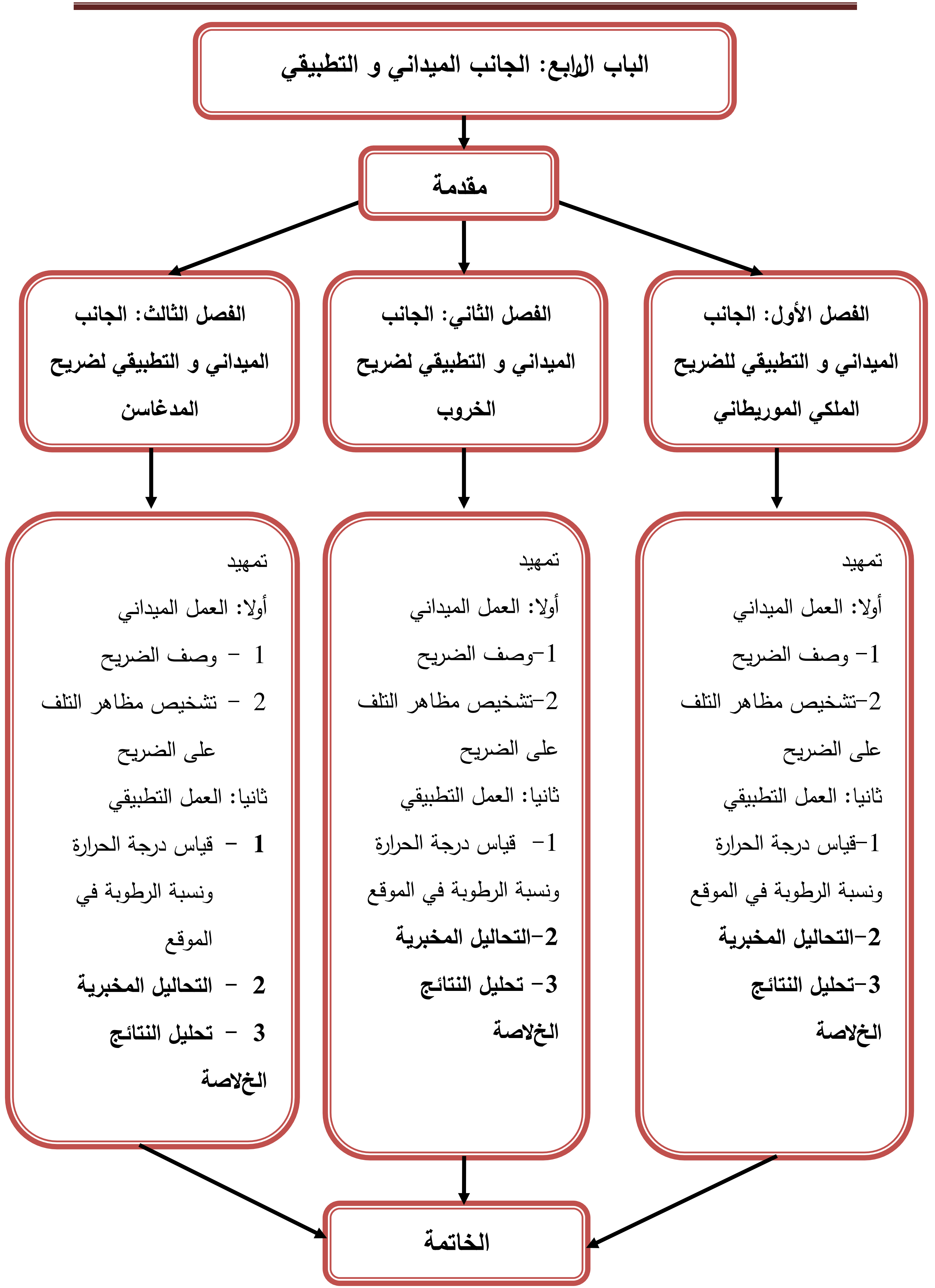
2-1-اختيار العينات من الموقع

2-2-التحاليل المخبرية

3 - تحليل النتائج

الخلاصة

الخاتمة


الباب الرابع: الجانب الميداني و التطبيقي
مقدمة
الفصل الأول: الجانب الميداني و التطبيقي للضريح الملكي الموريطاني
الفصل الثاني: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح الخروب
الفصل الثالث: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح المدغاسن
تمهيد
أولا: العمل الميداني
1- وصف الضريح
2-تشخيص مظاهر التلف على الضريح
ثانيا: العمل التطبيقي
1-قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع
2-التحاليل المخبرية
3-تحليل النتائج
الخلاصة
تمهيد
أولا: العمل الميداني
1-وصف الضريح
2-تشخيص مظاهر التلف على الضريح
ثانيا: العمل التطبيقي
1- قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع
2-التحاليل المخبرية
3- تحليل النتائج
الخلاصة
تمهيد
أولا: العمل الميداني
1 - وصف الضريح
2 - تشخيص مظاهر التلف على الضريح
ثانيا: العمل التطبيقي
1 - قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع
2 - التحاليل المخبرية
3 - تحليل النتائج
الخلاصة
الخاتمة

مقدمة:

إن الإعتماد على المصادر و المراجع وحدها في البحث العلمي لا يكفي لتحقيق الهدف المنشود من الدراسة و لذلك توجب علينا الإستعانة بالجانب التطبيقي الذي يعتبر تكملة للجانب النظري و تتمة له، و هذا سيتحقق بالزيارات الميدانية للمواقع المدروسة للوقوف على حالة حفظها و مدى الضرر الذي لحق بها و من ثم تشخيص مظاهر التلف عليها، بالإضافة إلى أخذ عينات من م ادة البناء و القيام بتحليلها للتعرف على نوعها وخصائص كل عينة.

و قد راعينا في اختيارنا للنماذج التطبيقية أن تتواجد في مناطق مختلفة من ناحية الظروف الطبيعية وبذلك وقع اختيارنا على الضريح الملكي الموريطاني الذي يشرف على الساحل، وضريحي الخروب و إمدغاسن اللذان يتواجدان في مناطق داخلية و ذلك للأسباب التالية:

- أن كل نموذج يمثل ظواهر تلف مختلفة رغم استعمال نفس مادة البناء و هي الحجر الجيري.
- أن معظم هذه المواقع تعاني نقص في الصيانة الدورية و التهميش، و نسعى من خلال هذه الدراسة إلى تقديم بعض الحلول ووصف و تشخيص مظاهر التلف عليها، للخروج بمقارنة حالة حفظ هذه المعالم و استنتاج مدى تأثير العوامل الطبيعية المحيطة بالأثر عليه.
- اشتمال هذه الأضرحة الجنائزية على عناصر معمارية مشتركة كالأعمدة والأبواب الوهمية و غيرها.

و بهذا كانت إشكاليات هذا الباب كالآتي:

- ما هي حالة حفظ الأضرحة و ما أهم مظاهر التلف عليها؟

- هل الحجارة الجيرية المستعملة في بناء هذه الأضرحة الثلاثة لها نفس الخصائص؟

-ما هي خصوصية المناطق المدروسة طبيعيا؟

و للإجابة على هذه الأسئلة و أخرى قمنا بتقسيم هذا الباب إلى ثلاثة فصول، مقدمة وخاتمة.

المقدمة: عرفنا فيها بمحتوى الباب.

الفصل الأول: الجانب الميداني و التطبيقي للضريح الملكي الموريطاني.

الفصل الثاني: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح الخروب.

الفص الثالث: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح المدغاسن.

الخاتمة: حوصلة لأهم النتائج التي توصنا إليها.

الفصل الأول

الجزء الميداني و التطبيقي الخروج الملكي الموريتاني

الفصل الأول: الجانب الميداني و التطبيقي للضريح الملكي الموريطاني

تمهيد

أولا: العمل الميداني

1 - وصف الضريح

2 - تشخيص مظاهر التلف على الضريح

ثانيا: العمل التطبيقي

1 - قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

2 - التحاليل المخبرية

3 - تحليل النتائج

الخلاصة

تمهيد:

يقع الضريح الملكي الموريطاني في أعلى قمة تشرف على الساحل و هذا ما جعله عرضة إلى التأثرات المختلفة كالأملاح التي تحملها الرياح مع بخار الماء بالإضافة إلى نمو النباتات بين حجارة البناء نظرا لتوفر المناخ المناسب لها، و نقدم في هذا الفصل وصفا لهذا الضريح للتعرف على حالة حفظه و مدى الضرر الذي أصاب مختلف أجزائه وتشخيص مظاهر التلف عليه، كما قمنا بقياس كل من درجات الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع في فترات مختلفة من السنة باعتبار الرطوبة من أهم عوامل تلف المباني الحجرية، و أخيرا التحاليل المخبرية لعينات من ح جارة البناء للتعرف على خصائصها الفيزيائية و الكيميائية وكذا التركيبة المعدنية لها.

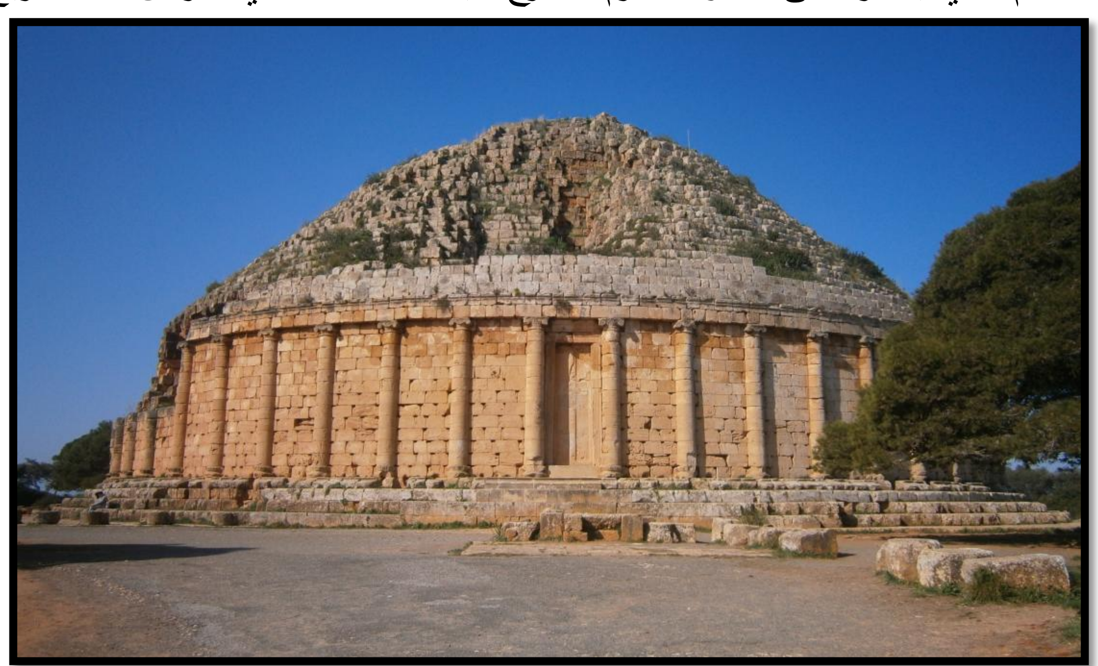
أولا: العمل الميداني:

1- وصف الضريح:

لا يزال الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا يحتفظ بشكله العام رغم التهدم الذي طرأ على بعض أجزائه سواء على مستوى القاعدة المربعة، الجزء الأسطواني أو الهرم المدرج، ولغاية اليوم لا يزال يستقطب السياح من كافة المناطق سواء من داخل الوطن أو خارجه، رغم الغموض الذي يبقى يخيم عليه حول تأريخه و الشخصية المدفونة فيه و هذا ما سبب في اختلاف الآراء سواء عند الباحثين أو عامة الناس، و تختل ف حالة الحفظ في الأجزاء المختلفة للضريح حسب تعرضها لعوامل التلف المختلفة خاصة و أنه قد بني بأعلى قمة في المنطقة و بهذا فهو عرضة للتيارات البحرية التي تأتي بها الرياح محملة بالأملاح و كذا بخار الماء.

1-1 الواجهة الشرقية:

حالة الحفظ جيدة مقارنة بالواجهات الأخرى كما توضحه الصورة رقم (91)، ما عدا التهدم الذي يظهر على مستوى الهرم المدرج نتيجة للقصف الذي تعرض له الضريح.

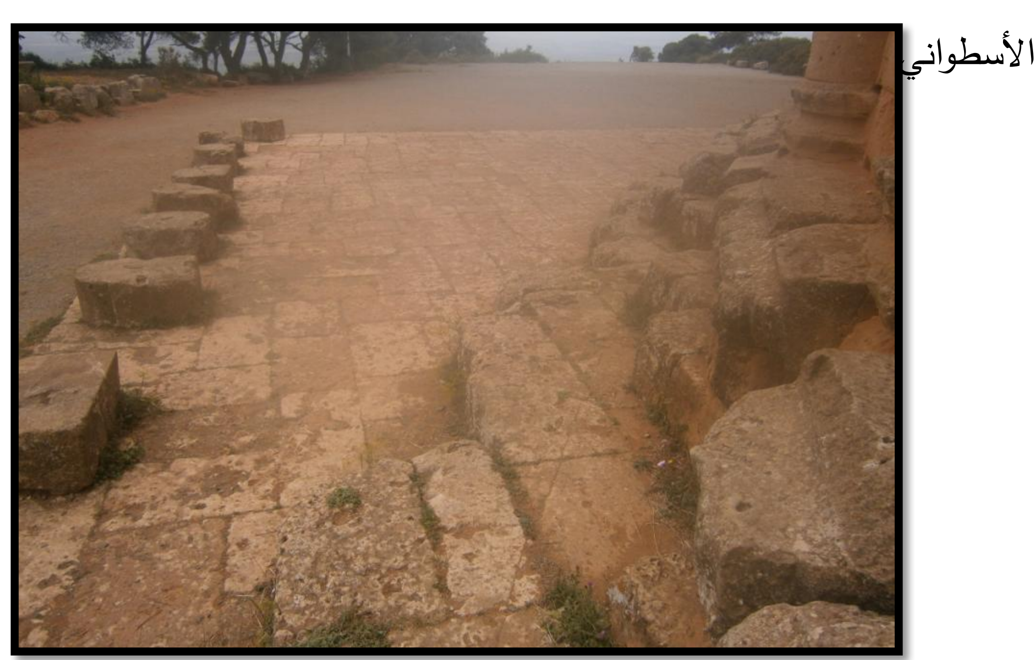


الصورة رقم (91): الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة(2013م)

أ -القاعدة:

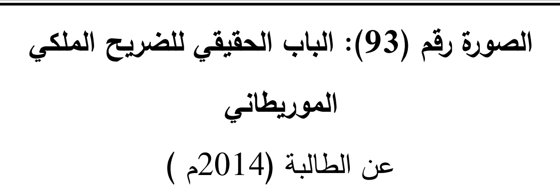
لا تزال أغلب حجارتها في أماكنها وتحتفظ بتماسكها فيما بينها، و كذا زوايا القاعدة محتفظة بحجارتها أيضا، كما توضحه الصورة رقم(92)، و قد وضعت فوق هذه القاعدة بعض الحجارة المتساقطة من الضريح أغلبها قواعد الأعمدة المتواجدة بالجزء الأسطواني



الصورة رقم (92): القاعدة المربعة في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

كما نجد في هذه الواجهة أيضا المدخل الحقيقي المتواجد على مستوى القاعدة الموضح في الصورة رقم (93) و قد تم غلقه من طرف المسؤولين بباب حديدي لدواعي أمنية.





الصورة رقم (93): الباب الحقيقي للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

ب - الجزء الأسطواني:



الصورة رقم (94): الباب الوهمي الشرقي للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014 م)

يتميز هذا الجزء بوجود أعمدة ذات طراز أيوني، لا تزال تحتفظ بالزخارف المتواجدة على تيجانها، أغلب هذه الأعمدة في حالة حفظ جيدة أي أنها احتفظت بشكلها الأصلي، و يتميز هذا الجزء أيضا بوجود الباب الوهمي الشرقي و هو الباب الوحيد في الضريح الذي لا يزال يحتفظ بالزخرف الناتئ الشبيه بالصليب كما توضحه الصورة رقم (94) و كذا الزخرفة المتواجدة بأعلى هذا الباب الوهمي و الموضحة في الصورة رقم(95) و تظهر على الجدار آثار نزع مشابك الرصاص و بالتالي نقص الإلتحام و الترابط بين حجارة البناء.



الصورة رقم(95): الزخرفة المتواجدة أعلى الباب الوهمي الشرقي للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

ت -الهرم المدرج:

يلاحظ في هذا الجزء فقدان العديد من حجارة الأدراج، ما جعل الأتربة تتجمع في هذه الأماكن ما ساعد على نمو النباتات بكثرة و بالتالي زيادة الشروخ و انفصال الحجارة عن بعضها البعض.

كما تتميز هذه الواجهة بوجود المبنى الأمامي الموضح في الصورة رقم (96) الذي لاتزال بعض حجارته في مكانها.



الصورة رقم (96): المبنى الأمامي للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

1 2 الواجهة الجنوبية:

حالة الحفظ سيئة كما توضحه الصورة رقم (97)، فهناك تهدم واضح و كبير على مستوى الجزء الأسطواني و الهرم المدرج.



الصورة رقم (97): الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

أ- القاعدة:

لاتزال مداميك القاعدة واضحة في هذه الواجهة رغم فقدان بعض حجارتها

ب- الجزء الأسطواني:

يتميز هذا الجزء بوجود باب وهمي يتجه نحو الجنوب، لكن للأسف قد تعرض هذا الباب للكسر و لم يبقى منه شيء، حيث حفر م نه نفق يصل إلى الرواق المستدير ، و

هذا الباب أيضا تم غلقه من طرف السلطات المعنية لم نع الأشخاص من الدخول إلى الضريح، الأعمدة جميعها تفتقد إلى جزئها العلوي كما توضحه الصورة رقم (98)، و كذا يلاحظ فقدان عدد كبير من الحجارة في هذا الجزء م ن الضريح ، حيث نجد بعضها مترامية حوله إذ لم يعاد وضعها في مكانها خلال عمليات الترميم كما هو موضح في الصورة رقم(99)، والبعض الآخر أخذه سكان المنطقة لاستغلاله في حاجاتهم الخاصة، و يلاحظ أيضا في هذا الجزء فراغات بين حجارة البناء ناتجة عن نزع مشابك الرصاص التي كانت تضمن شد البناء مع بعضه البعض.



الصورة رقم (98): الأعمدة المتواجدة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)



الصورة رقم (99): حجارة البناء المنتشرة حول الضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

ت الهرم المدرج:

لم يسلم بدوره من التخريب الذي سببته الظروف الطبيعية خاصة ، ما أدى إلى فقدان العديد من الحجارة.

1 3 الواجهة الغربية:

حالة الحفظ سيئة مقارنة بالواجهات الأخرى كما توضحه الصورة رقم (100)، إذ هناك تهدم واضح في كل أجزاء الضريح ابتداءا من القاعدة وصولا إلى الهرم المدرج.

الصورة رقم (100): الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

أ -القاعدة:

فقدت العديد من الحجارة خاصة المداميك الأولى المشكلة لها كما توضحه الصورة رقم (01.



الصورة رقم (101): القاعدة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

ب - الجزء الأسطواني:

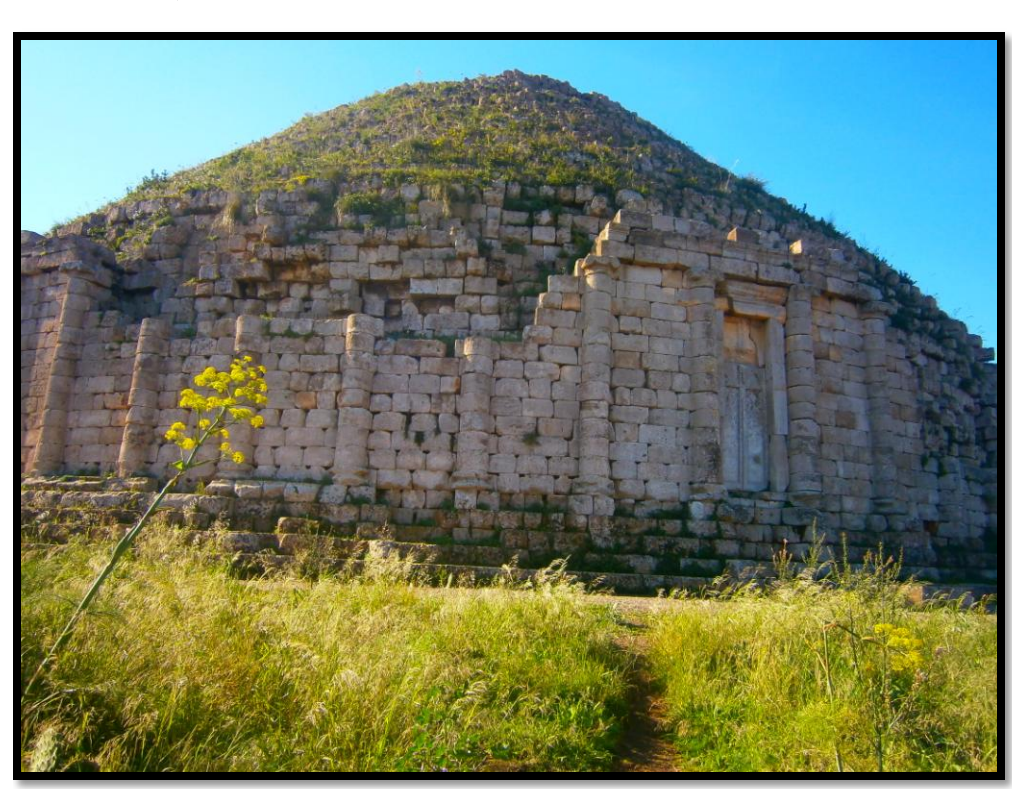
معظم الأعمدة فقدت أجزاءها و كذا الباب الوهمي الغربي قد فقد جزءه العلوي، كما يلاحظ فقدان عدد كبير من الحجارة ما شكل فراغات في المبنى و بالتالي احتمال كبير في سقوط الأجزاء التي تكون في الأعلى نظرا للثقل الكبير لهذه الصخور.

ت -الهرم المدرج:

تعرض لفقدان عدد كبير من حجارته.

1 4 الواجهة الشمالية:

حالة الحفظ متوسطة كما توضحه الصورة رقم (102)، ما يميز هذه الواجهة هو تلون الحجارة باللون الأبيض نتيجة تبلور الأملاح كون هذه الواجهة مقابلة للبحر، وكغيرها من الواجهات تتميز بفقدان الترابط بين عناصر البناء نتيجة نزع المشابك.



الصورة رقم (102): الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2014م)

أ -القاعدة:

لا تزال أغلب حجارتها في أماكنها كما توضحه الصورة رقم (103).



الصورة رقم (103): القاعدة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

ب -الجزء الأسطواني:

يتميز هذا الجزء بوجود باب وهمي يتجه شمالا و هو لا يزال في حالة حفظ جيدة، بعض الأعمدة لا تزال كاملة في حين البعض الآخر فقد أجزاء منه.

ت -الهرم المدرج:

يلاحظ فيه فقدان العديد من الحجارة، ما سهل نمو النباتات في أماكنها.

2 -تشخيص مظاهر التلف على الضريح:

يتوافد على الضريح العديد من الزوار و السياح يوميا، بالإضافة إلى الأفواج المدرسية و الجامعية و هذا لأغراض مختلفة سواء للاستمتاع بالموقع الإستراتيجي للضريح أو للبحث و التمعن في الآثار التاريخية و التعرف على مخلفات الحضارات السابقة، ورغم هذا فلم يتلقى هذا الضريح الاهتمام الكافي و العناية اللازمة، فنرى

الأعشاب تحيط به من جميع النواحي و صعود الزائرين إلى أعلى الضريح دون مراقبة صارمة من طرف أعوان الأمن الم كلفين بالمراقبة على مستوى القبر ، و أهم مظاهر التلف التي تظهر واضحة على الضريح نلخصها فيما يلي:

2 -1- نمو النباتات:

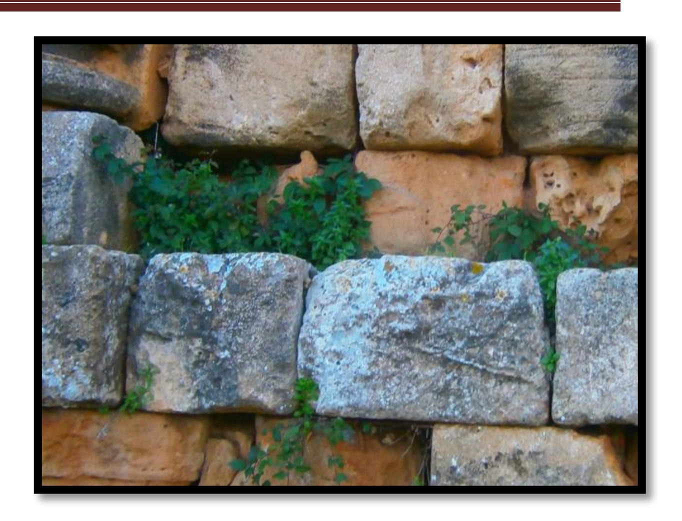
يلاحظ نمو النباتات بكثرة بين حجارة الضريح كما توضحه الصور رقم (104، 105، 106، 107)، خاصة في القاعدة و الهرم المدرج، و هذا نتيجة وجود فراغات بين الحجارة حيث تمتلئ بالأتربة و حبوب الطلع التي تحملها الرياح ، و كذا لمناخ المنطقة الذي يتميز بوفرة الأمطار ، و تتمثل هذه النباتات في الحشائش و النباتات الشوكية و كذا الشجيرات الصغيرة مثل التين، و هذه النباتات تؤثر على تماسك حجارة الضريح و تساهم في تحلل الحجر الكلسي بفعل إفرازات جذورها.



صورة رقم (104): نمو النباتات في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (105): نمو النباتات فب الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (106): نمو النباتات على الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (107): نمو النباتات على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

الملاحظ من خلال الصور و كذا الزيارة الميدانية أن الواجهتين الشمالية و الغربية أكثر عرضة للإستيطان البيولوجي ، حيث تنتشر النباتات بأنواعها على الخصوص في القاعدة الهرم المدرج.

2 2 الطحالب و الأشنات:

تنتشر بكثرة على حجارة الضريح نظرا لتوفر ظروف معيشتها مثل الرطوبة، وتكون الطحالب خضراء اللون في فصل الشتاء كما توضحه الصورة رقم (108)، و تميل إلى السواد في الفصول الحارة و هي متواجدة بكثرة على مستوى الواجهة الشمالية، أما الأشنات فتأخذ ألوانا عديدة كالأبيض و الأصفر والأسود و حتى الرمادي كما توضحه الصور رقم (109، 110، 111، 112)، و نجده ا منتشرة على كافة واجهات الضريح ، لكنها تكثر في الواج هتين الغربية و الشمالية، خاصة على مستوى قاعدة الضريح، هذه النباتات المجهرية تعمل على حجب السطح الخارجي بالإضافة إلى أنها توثر على الحجارة بفعل إفرازاتها الحمضية.



صورة رقم (108): الطحالب على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2013م)



صورة رقم (109): الأشنات على الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (110): الأشنات على الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (111): الأشنات على الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



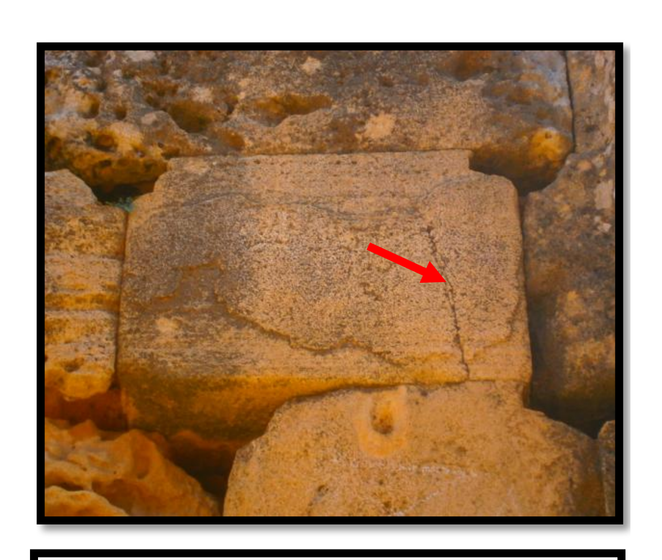
صورة رقم (112): الأشنات على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

2 3 تشقق الحجارة:

هذه التشققات واضحة يمكن رؤيتها بالعين المجردة كما توضحه الصور رقم (113، 114، 115، 116)، وهي مختلفة فهناك العريضة والضيقة و كذا المجهرية ، البعض منها عمودية و الأخرى أفقية، تنتج هذه التشققات عن عوامل التلف المختلفة فقد تكون نتيجة الأحمال الثقيلة أو الأملاح و الماء الذي يتجمد داخل المسامات فيزداد حجمه و يسبب ضغوط على الحجر وبالتالي تشققه، هذه الش قوق تزداد اتساعا بتكرار العملية ، والنباتات بدورها تساهم في تشقق الحجر بفعل جذورها و لهذا يجب استئصالها كلما نمت و ظهرت بين حجارة الضريح.



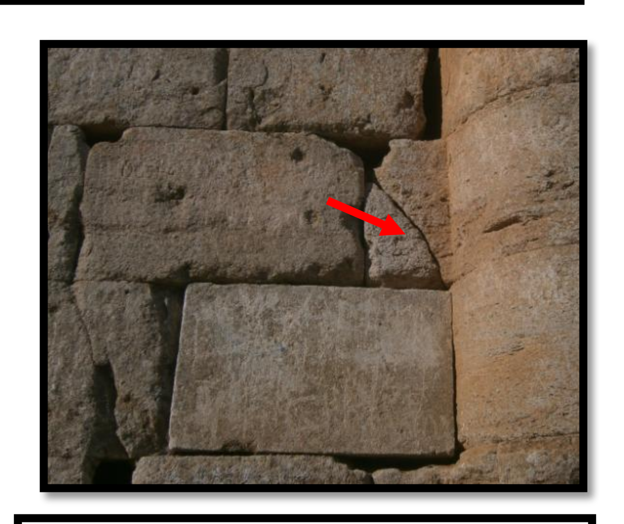
صورة رقم (113) : تشقق الحجارة في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (114): تشقق الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (115): تشقق الحجارة في الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (مارس2015م)



صورة رقم (116): تشقق الحجارة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (مارس2015م)

2 4 تفتت و تآكل الحجارة:

تتآكل الحجارة و تصبح سهلة التفتت بفعل عوامل مختلفة كالرياح و الأمطار التي لها تأثير ميكانيكي و كيميائي حيث تكون حمضية بفعل الغازات الملوثة ، و بهذا يصبح السطح غير مستو كما توضحه الصور رقم (117، 118، 119، 120)، و بتفتت

الحجر ينقص حجمه ويتغير شكله ما يحدث فراغات بين أجزاء المبنى و بالتالي احتمال سقوط الحجارة التي تكون في الأعلى.



صورة رقم(117): تفتت الحجارة في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (118) : تفتت الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم(119): تآكل الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم(120): تآكل الحجارة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

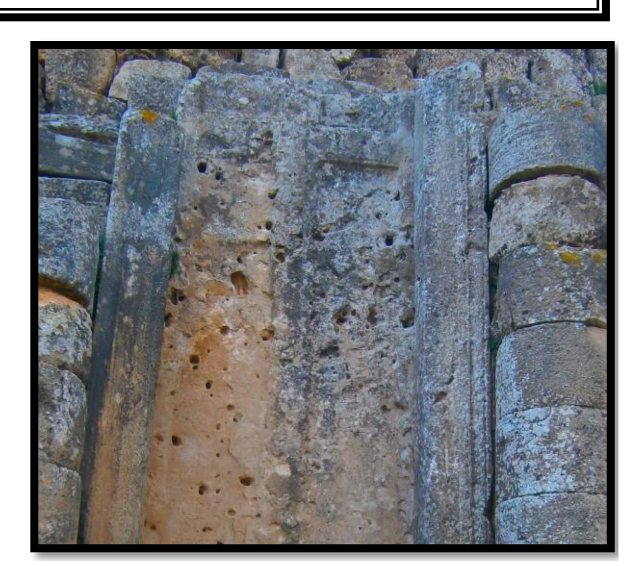
2 5 تخشن السطح:

يصبح سطح الحجر خشن كما توضحه الصور رقم (121، 122، 123، 124) نتيجة عوامل تلف عديدة نذكر منها الرياح التي غالبا ما تحمل معها الغبار وكذا مياه الأمطار، و كذا تزهر الأملاح على السطح و بالتالي تقشر الطبقة الخارجية للحجر، وهذه الظاهرة نجدها منتشرة على كافة حجارة الضريح.

صورة رقم (121): تخشن السطح في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (122): تخشن السطح في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (123) : تخشن السطح في الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (124) : تخشن السطح في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

2 6 الحفريات العشوائية والترميم الخاطئ:

يتجسد الترميم الخاطئ في الضريح الملكي الموريطاني في عدة أوجه نذكر منها:

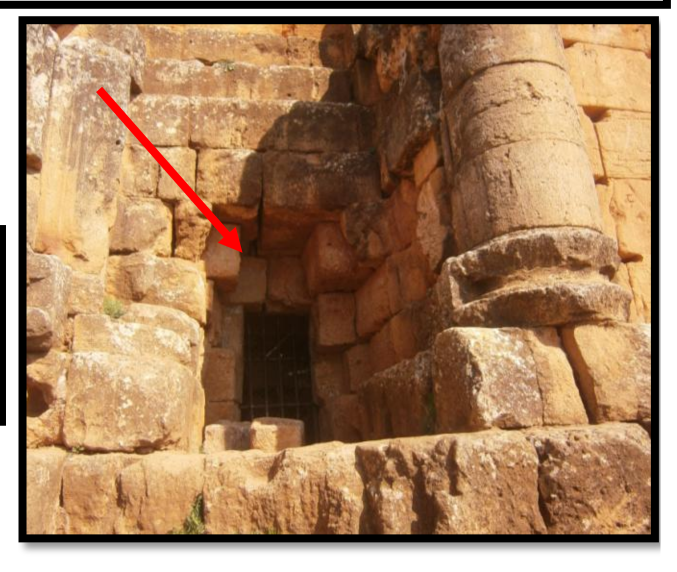
- استعمال مونة الإسمنت لملئ الشقوق العريضة كما توضحه الصورة رقم (125).
- استعمال الحديد في بعض أجزاء البناء كما توضحه الصورة رقم (126).

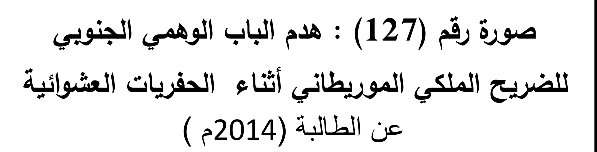
و لقد أجريت العديد من الحفريات العشوائية في الضريح في فترات مختلفة مما سبب في تهديم بعض أجزائه سواء في الجزء الداخلي أو في الهيكل الخارجي على مستوى الباب الوهمي الجنوبي كما توضحه الصورة رقم (127).

صورة رقم (125) : استعمال الإسمنت في الترميم في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2013م)



صورة رقم (126): استعمال الحديد في الترميم في الضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)





صورة رقم (127) : هدم الباب الوهمي الجنوبي للضريح الملكي الموريطاني أثناء الحفريات العشوائية
عن الطالبة (2014م)

2 7 الكتابة على الحجارة:

ككل المواقع الأثرية المفتوحة أمام الجمهور تكثر على حجارة الضريح كتابات مختلفة باللغات الأجنبية و العربية، أغلبها أسماء للأشخاص أو حروف، و قد استعمل لذلك مواد مختلفة كالأقلام و الأصبغة بأنواعها كما توضحه الصور رقم (128، 129، 130، 131) أو الكشط على السطح بواسطة أداة حادة كما هو موضح في الصور رقم (132، 133، 134، 135).



صورة رقم (128): الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2013م)



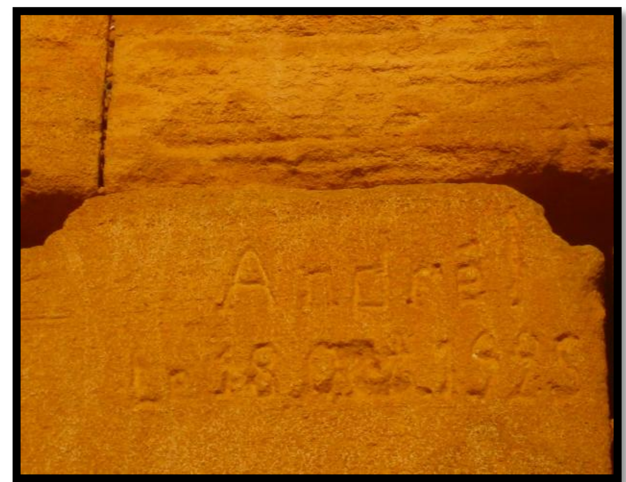
صورة رقم (129): الكتابة على الحجارة بالأقلام بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)



صورة رقم (130): الكتابة على الحجارة بالأقلام بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)



صورة رقم (131): الكتابة على الحجارة بالأقلام بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (132): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)



صورة رقم (133): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

صورة رقم (134) : الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

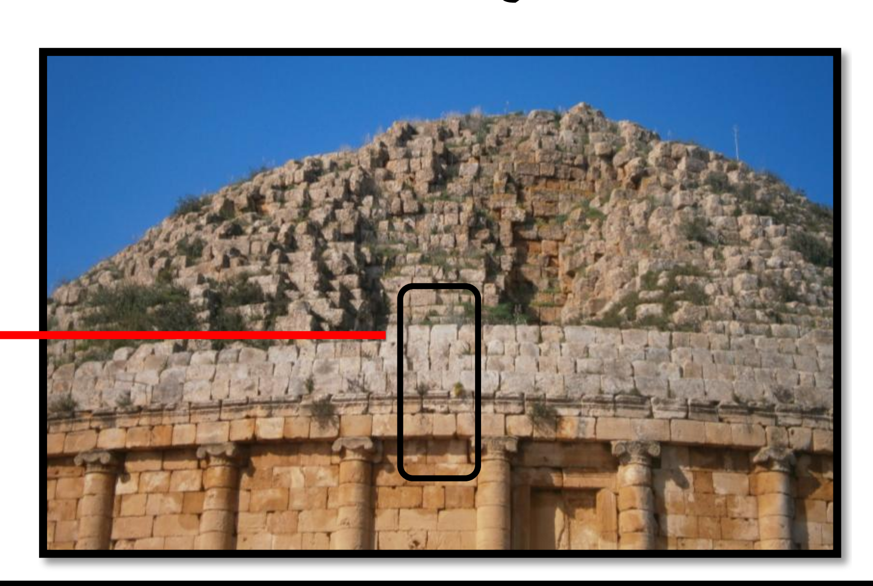


صورة رقم (135): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2014م)

2 8 تغير اللون:

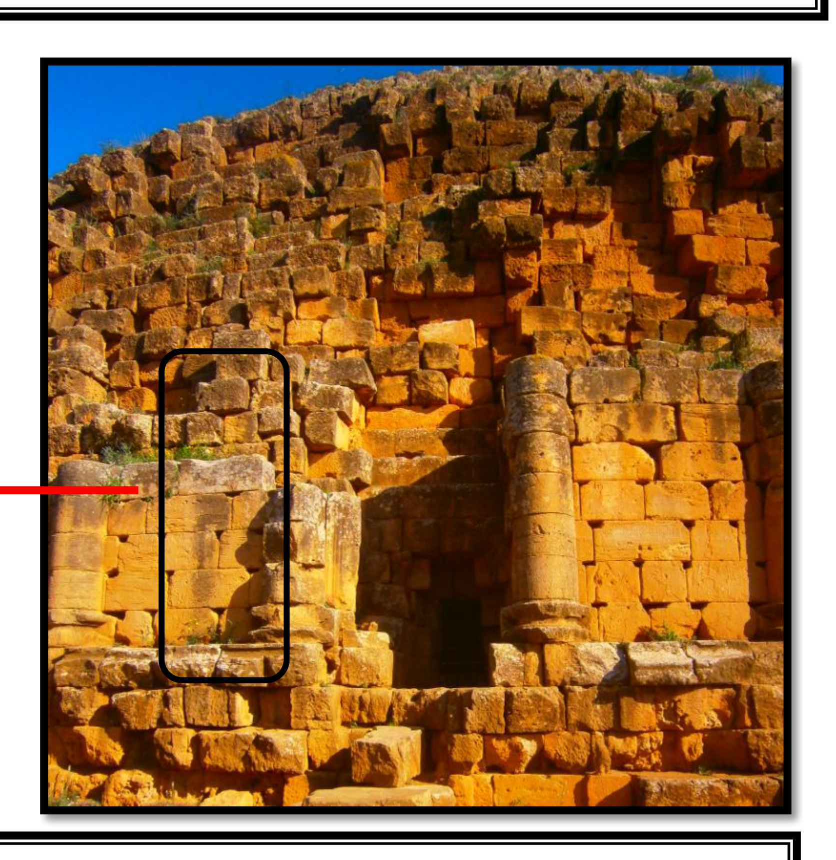
نلاحظ اختلاف في لون الحجر الذي بني به الضريح فالأجزاء التي تكون محمية من الأمطار لازالت تحتفظ بلونها الذي يميز الحجر الكلسي ، أما الأجزاء المعرضة للأمطار مثل القاعدة و الهرم المدرج فقد أصبح لونها يميل إلى الأسود كما توضحه الصورة رقم (136، 137، 138، 139)، هذه بالإضافة إلى تأثير التلوث الجوي على

لون الحجارة، فقد فتحت العديد من الطرقات بالقرب الضريح، أما الواجهة الشمالية المقابلة للبحر فقد اكتسبت حجارتها باللون الأبيض الذي يرجع إ لى الأملاح التي حملتها الرياح وترسبت على الضريح كما توضحه نفس الصور.





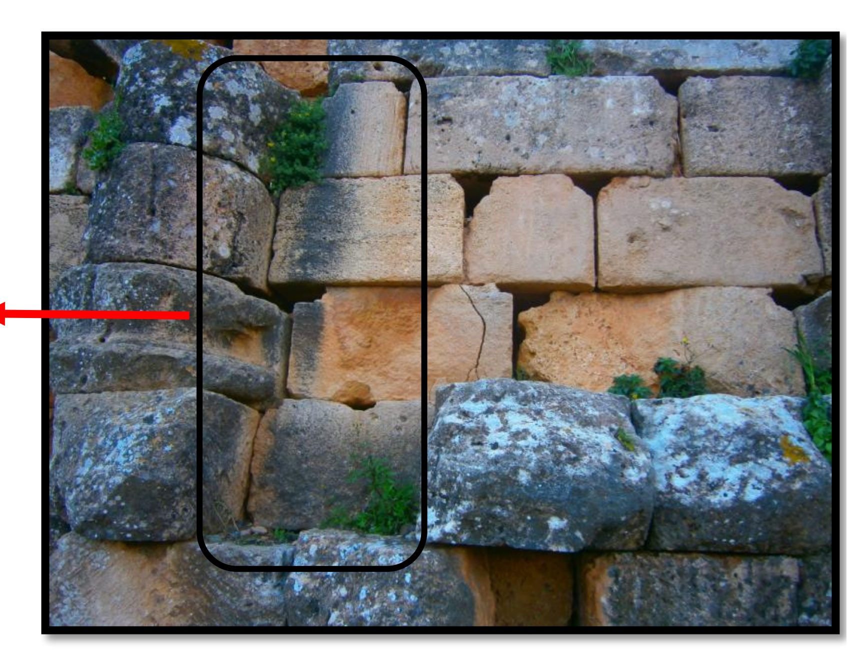
صورة رقم (136): إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2013م)





صورة رقم (137) : إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

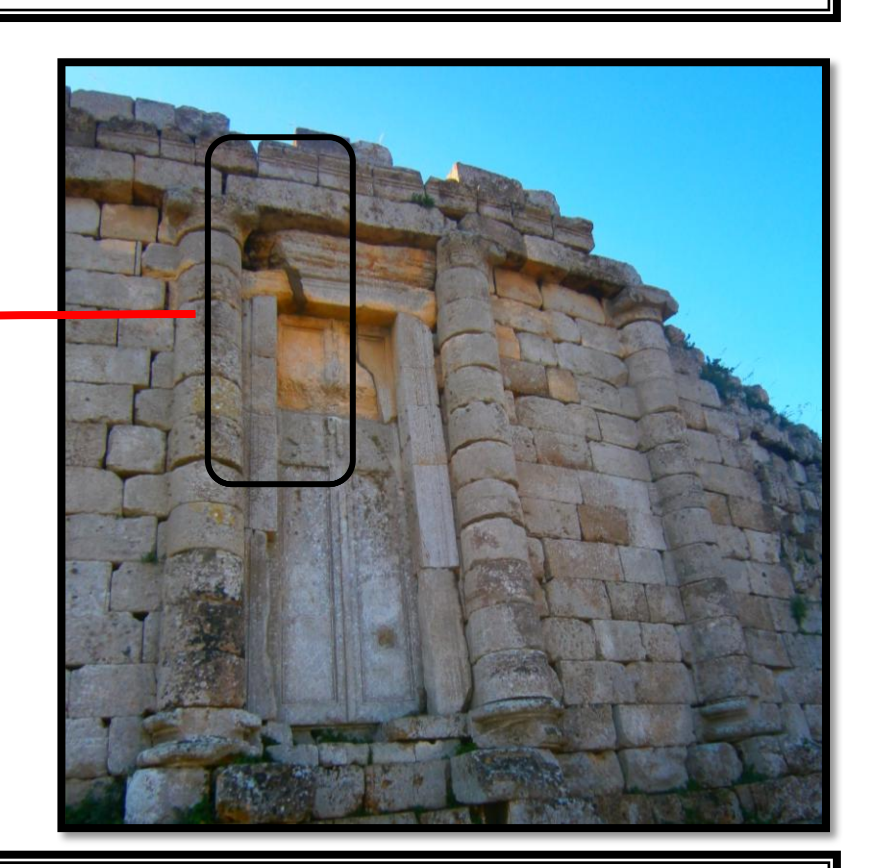




صورة رقم (138): إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2015م)



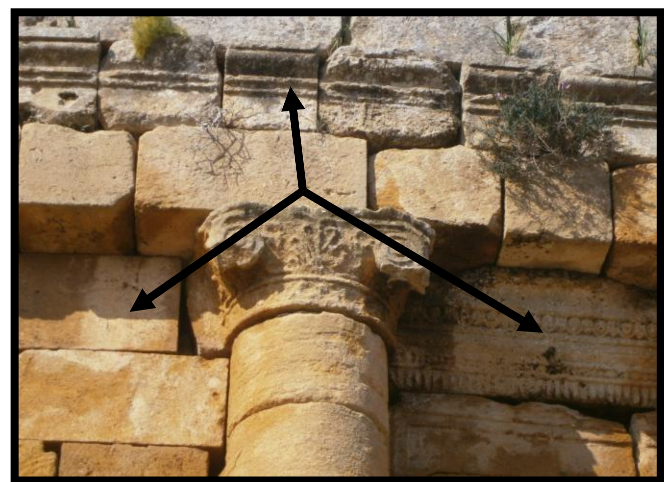


صورة رقم (139) : إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2015م)

2 9 تزهر الأملاح:

بحكم موقع الضريح الملكي الموريطاني القريب من البحر فهو عرضة إلى الأملاح التي تحملها الرياح مع بخار الماء و من ثم تتبلور على سطح الحجر أو بالقرب منه وهذا ما تبينه الصور رقم (140، 141، 142، 143).



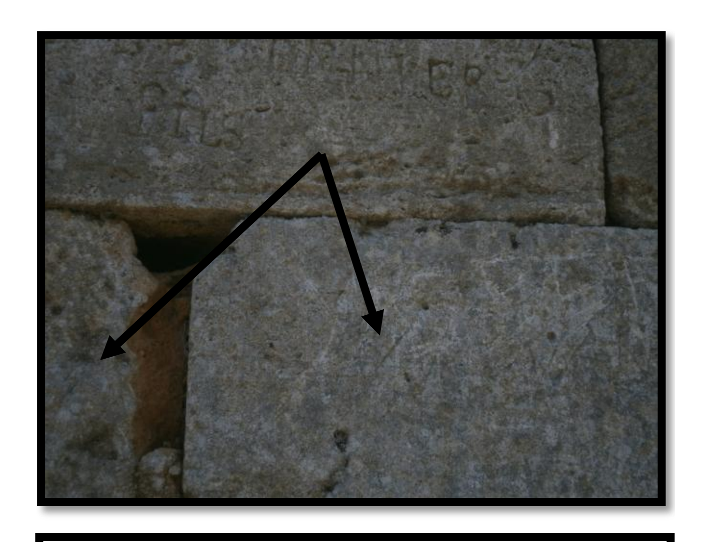
صورة رقم (140): الأملاح بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (141) : الأملاح بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (142) : الأملاح بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)



صورة رقم (143): الأملاح بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني
عن الطالبة (2015م)

ثانيا: العمل التطبيقي:

1- قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع:

لقد استعملنا أجهزة خاصة لنتمكن من التعرف بالتدقيق على تغيرات درجات الحرارة والرطوبة النسبية في الموقع.

1 1 التعريف بجهاز القياس:

الجهاز المستعمل هو زر الرطوبة و الحرارة (thermo-hygro button)، و هو جهاز دقيق جدا و حساس لتغيرات المناخ ، صغير الحجم و يتكون من ثلاثة أجزاء أساسية أحدها هو الزر شكله دائري له جهتين إحداهما حساسة لتغيرات المناخ ، و الجزء الثاني هو الحامل كما هو موضح في الصورة رقم (144) ، و قد صنع الحامل من مادة البلاستيك نقوم بتثبيت الزر عليه ثم نثبته بدوره في المكان المراد أخذ القياسات فيه باستعمال براغي مناسبة ، أما الجزء الثالث فهو جهاز القراءة و هو يعمل بتوصيله بجهاز الكمبيوتر الذي يحتوي على البرنامج الخاص بهذه الأزرار كما هو موضح في الصورة رقم (145) ، ثم نثبت الزر علية في بداية التجربة لغرض برمجتها لأخذ القياسات، و في نهاية العمل لغرض قراءة النتائج المتحصل عل يها و التي تعطى على شكل أرقام ومنحنيات.

و من أهم الخصائص التقنية لهذه الأزرار نذكر:

- عمر البطارية الإفتراضي يصل إلى 10 سنوات.
- له ذاكرة مجانية لتخزين البيانات.
- قياس درجات الحرارة التي تتراوح بين 20- و +85°م
- قياس نسبة الرطوبة بين 0 و 100%
- دقة القياسات(Resolution) 0.1 أو 0.5
- عدد القياسات 4096 أو 8192

- القياسات تكون من ثانية إلى 273 ساعة
- يتم حفظ كل هذه الملومات و تخزينها في الذاكرة المحمية لها.



صورة رقم (144): جهاز قياس الرطوبة
عن الطالبة



صورة رقم (145): جهاز القراءة
عن الطالبة

1 2 تثبيت أجهزة القياس بالموقع:

هذه التجربة تتمثل في تثبيت أزرار الرطوبة و الحرارة على الضريح الملك ي الموريطاني وفق المراحل الآتية:

المرحلة الأولى: برمجة أزرار الرطوبة و الحرارة:

في هذه المرحلة قمنا ببرمجة الأزرار في جهاز الكمبيوتر بحيث حددنا:

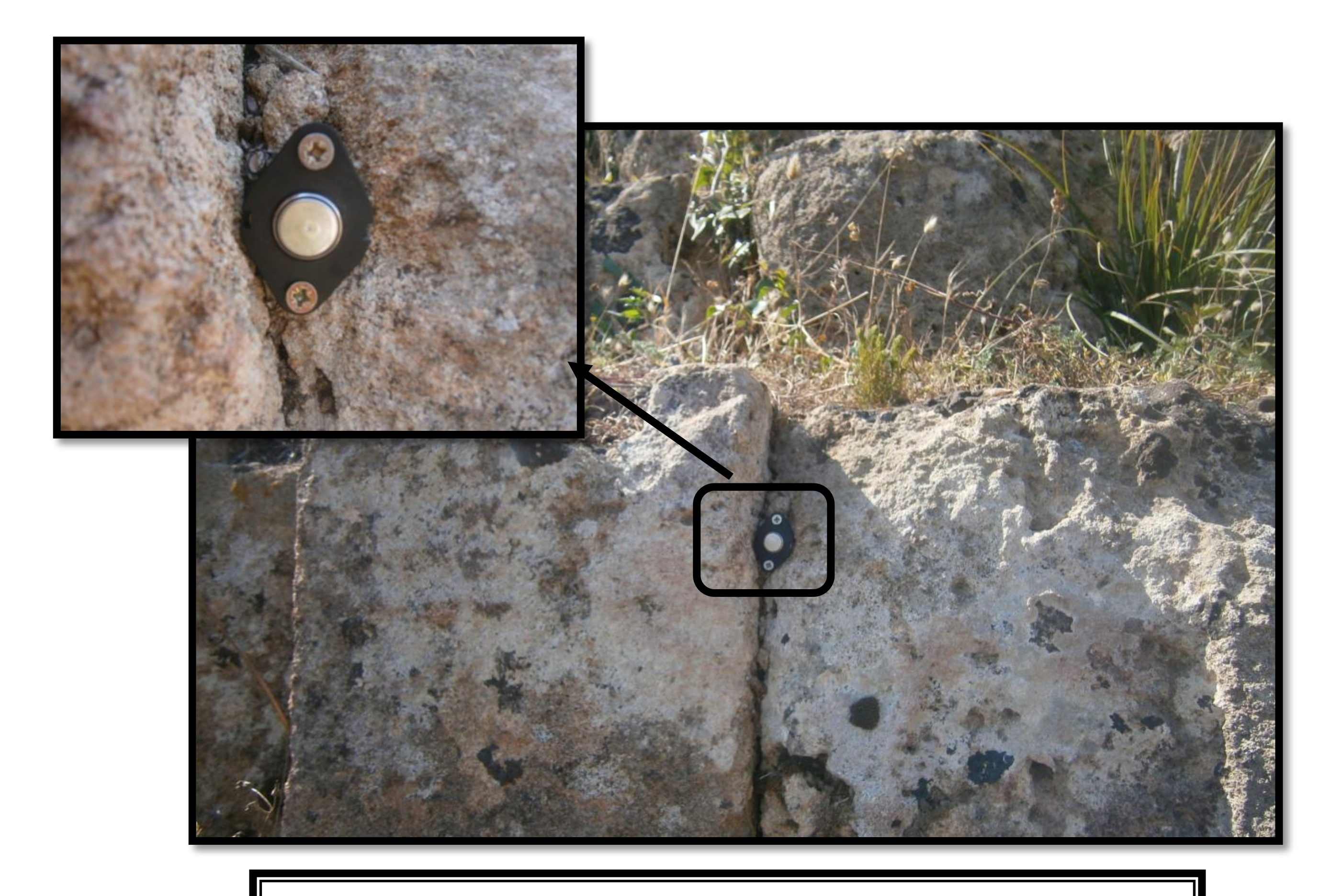
- الوقت الذي تبدأ فيه الأزرار بالقياس و الذي حددناه ب 15 يوم بعد البرمجة حتى يتسنى لنا التنقل إلى الموقع لتثبيت الأزرار.
- الوقت الذي تتوقف فيه القياسات و الذي حددناه بشهر واحد بحيث اخترنا شهر من فصل الصيف و شهر من فصل الشتاء نظرا لعدم توفر الأمن لضمان بقاء الأجهزة في أماكنها.

- تحديد دقة القياس و قد اخترنا أدقها و تقدر بـ 0,1.
- تحديد الزمن بين قياس و آخر و كان بتسجيل قياس في كل 30 دقيقة على مدار الشهر.

المرحلة الثانية : تثبيت الأزرار في الموقع:

و نلخصها فيما يلي:

- تثبيت الزر على الحامل بواسطة شريط لاصق مع تسجيل رقم الزر على الشريط.
- تحديد أماكن وضع الزر حسب الموقع و بالنسبة للضريح الملكي الموريطاني وضعنا الزر في الواجهة الشمالية المقابلة للبحر.
- تثبيت الزر على الحجارة كما توضحه الصورة رقم (146)، و لسهولة تثبيتها و عدم إتلاف الحجارة اخترنا أماكن بها شقوق حتى يسهل إدخال البراغي فيها.



صورة رقم (146): الزر المثبت في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني

عن الطالبة (2015م)

المرحلة الثالثة: قراءة النتائج:

بعد شهر من وضع الأجهزة في الموقع تم نزعها ثم وضعناها في جهاز القراءة الموصول بالكمبيوتر لقراءة النتائج المتحصل عليها.

1 3 النتائج المتحصل عليها:

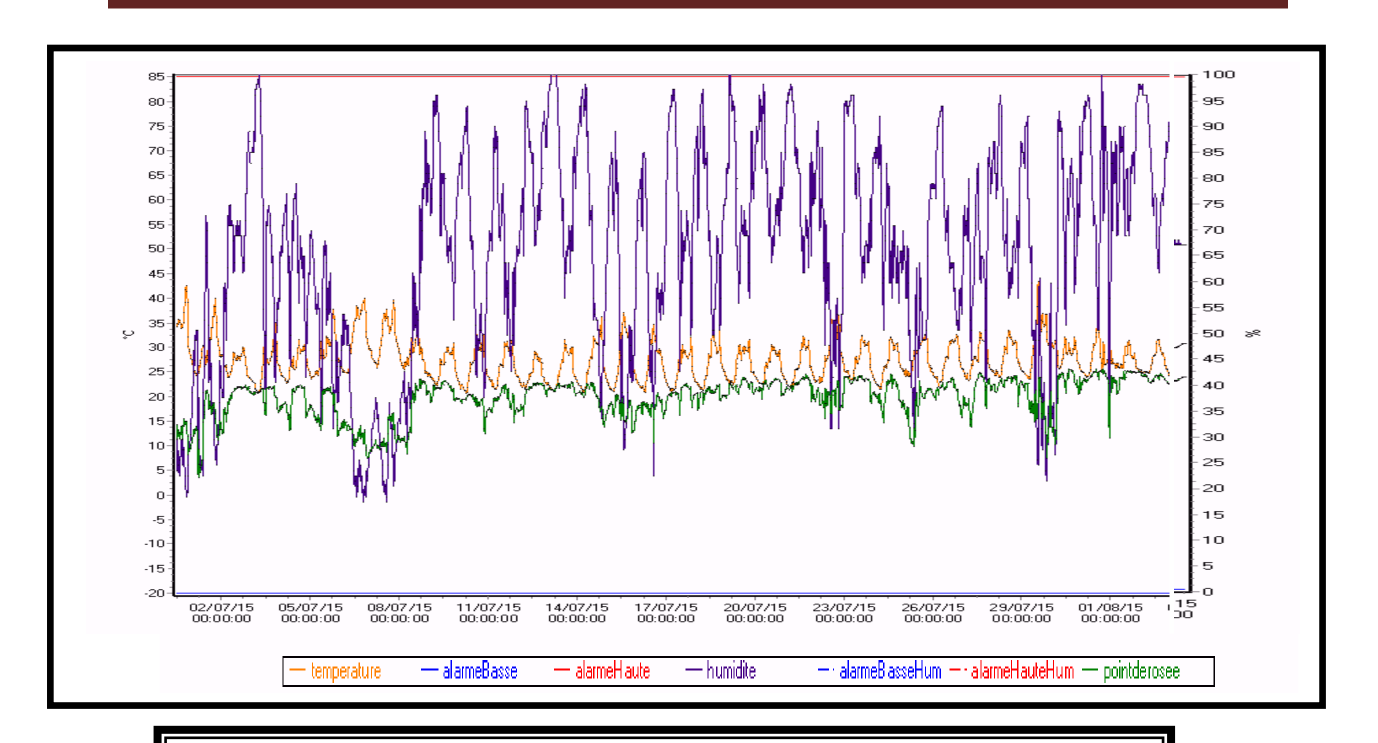
تم تثبيته في الواجهة الشمالية على مستوى الهرم المدرج و هي مقابلة للبحر والملاحظ أن هذه الواجهة لا زالت تحتفظ بأغلب حجارتها لكنها متأثرة بأملاح البحر ما يفسر تغير لون الحجارة إلى الأبيض.

أ -الزر المثبت خلال فصل الصيف:

النتائج المتحصل عليها من خلال هذا الزر كانت كالآتي:

- بداية القياس : يوم 1 جويلية 2015م على الساعة 00:04 ليلا
- نهاية القياس : يوم 31 جويلية 2015 م على الساعة 23:24 ليلا.
- أعلى درجة حرارة سجلت يوم 29 جويلية 2015م على الساعة 13:34 و تقدر ب 43,4°م.
- أدنى درجة حرارة سجلت يوم 10جويلية 2015م على الساعة 06:34 و تقدر ب 20,7°م
- معدل درجات الحرارة خلال الشهر: 27,3°م.
- أعلى نسبة رطوبة سجلت في يوم 03 جويلية 2015م على الساعة 06:34 و هي تقدر بـ100 %، و قد سجلت أيضا يومي 13 و 19 من هذا الشهر.
- أدنى نسبة رطوبة سجلت يوم 06 جويلية 2015م على الساعة 19:04 و هي تقدر ب 18% ، و كذا يوم 07 من نفس الشهر على الساعة 13:04.
- معدل الرطوبة النسبية خلال شهر جويلية 2015م يقدر ب 66 %.

و النتائج المحصل عليها ممثلة على شكل منحنيات بيانية في الشكل رقم (56).



شكل رقم(56): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني

و فيما يلي جدول رقم (30) و الذي يمثل درجات الحرارة المسجلة أثناء فترة وضع الزر في الضريح الملكي الموريطاني.

جدول رقم (30): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم(°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2015/07/01	31,7	27,9	40	23,9
2015/07/02	27,8	22,9	30	23,7
2015/07/03	28,6	25,1	35,1	21
2015/07/04	28,1	25,5	31,3	22,7
2015/07/05	31	27	37,8	23,7
2015/07/06	35,4	29,4	40	24,7
2015/07/07	34,5	28,9	39,7	25,8
2015/07/08	30,2	24,1	33,7	24,5
2015/07/09	27,7	23,3	30,1	22,3
2015/07/10	28,6	24,3	32,7	20,7
2015/07/11	28,1	24	31,7	21,5
2015/07/12	26,1	22,3	29,2	21,5
2015/07/13	27,6	23,2	31,7	21
2015/07/14	29,1	24,1	36,2	21,3
2015/07/15	30,7	24	36,5	21
2015/07/16	29,6	23,3	34,8	20,9
2015/07/17	27,4	23,6	32,1	21
2015/07/18	28,6	24,8	30,8	21,2
2015/07/19	28,6	24	31,7	22,4

تابع الجدول رقم (30): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة خلال فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني:

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم (°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2015/07/20	27,9	23,7	30,6	22,5
2015/07/21	28,1	24,5	32,3	21,9
2015/07/22	30,7	26,5	36,5	22,7
2015/07/23	29	24,1	32,4	23,4
2015/07/24	28,7	25,6	32,2	21,5
2015/07/25	30,3	24,7	32,6	24,1
2015/07/26	29,3	25,8	32,6	22,1
2015/07/27	29,7	25,6	33,1	23,2
2015/07/28	30	25,6	33,5	23,9
2015/07/29	33,4	29,9	43,4	23,7
2015/07/30	29,2	25,7	32,2	25,6
2015/07/31	29,7	27,1	36,6	24

أما نتائج قياس الرطوبة فقد لخصناها في الجدول رقم (31).

جدول رقم (31): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الص يف في الضريح الملكي الموريطاني

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2015/07/01	43	48	73	23
2015/07/02	68	89	89	38
2015/07/03	64	63	100	39
2015/07/04	66	59	79	42
2015/07/05	52	47	70	33
2015/07/06	25	29	54	18
2015/07/07	27	34	38	18
2015/07/08	55	84	89	29
2015/07/09	73	80	96	53
2015/07/10	59	67	94	42
2015/07/11	64	70	90	43
2015/07/12	79	95	95	65
2015/07/13	63	88	100	57
2015/07/14	63	66	98	34
2015/07/15	48	66	89	28
2015/07/16	51	80	85	23
2015/07/17	70	81	97	43
2015/07/18	66	80	97	50
2015/07/19	70	87	100	56
2015/07/20	74	88	98	64

تابع الجدول رقم (31): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني:

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2015/07/21	76	78	98	62
2015/07/22	53	78	91	32
2015/07/23	74	78	96	60
2015/07/24	67	60	92	51
2015/07/25	48	81	79	32
2015/07/26	68	63	94	51
2015/07/27	64	81	86	41
2015/07/28	68	78	96	57
2015/07/29	42	45	92	22
2015/07/30	75	84	91	27
2015/07/31	76	78	100	38

و فيما يلي جدول رقم (32) يمثل تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد.

جدول رقم (32): تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد في الضريح الملكي الموريطاني:

اليوم	الساعة	درجة الحرارة	نسبة الرطوبة
2015/07/29	00:04	25,7	86
2015/07/29	00:34	25,4	87
2015/07/29	01:04	25,2	85
2015/07/29	01:34	25,1	85
2015/07/29	02:04	25,1	85
2015/07/29	02:34	25	83
2015/07/29	03:04	24,9	84
2015/07/29	03:34	24,5	82
2015/07/29	04:04	24,5	90
2015/07/29	04:34	24,3	91
2015/07/29	05:04	24,1	90
2015/07/29	05:34	24,1	92
2015/07/29	06:04	23,7	76
2015/07/29	06:34	23,9	66
2015/07/29	07:04	23,7	65
2015/07/29	07:34	24,8	64
2015/07/29	08:04	25,7	67
2015/07/29	08:34	26,5	60
2015/07/29	09:04	28,3	49
2015/07/29	09:34	29,7	51
2015/07/29	10:04	30,6	49

37	31,2	10:34	2015/07/29
53	32,1	11:04	2015/07/29
49	31,3	11:34	2015/07/29
34	33	12:04	2015/07/29
32	34,8	12:34	2015/07/29
26	38,3	13:04	2015/07/29
25	43,4	13:34	2015/07/29
49	36,2	14:04	2015/07/29
61	32,5	14:34	2015/07/29
50	33,2	15:04	2015/07/29
45	33,2	15:34	2015/07/29
42	33,7	16:04	2015/07/29
32	35,7	16:34	2015/07/29
28	36,8	17:04	2015/07/29
38	35,2	17:34	2015/07/29
39	34,8	18:04	2015/07/29
41	34,2	18:34	2015/07/29
32	34,5	19:04	2015/07/29
24	36,7	19:34	2015/07/29
23	36,6	20:04	2015/07/29
25	33,2	20:34	2015/07/29
22	31,7	21:04	2015/07/29
31	30,7	21:34	2015/07/29
35	30,5	22:04	2015/07/29

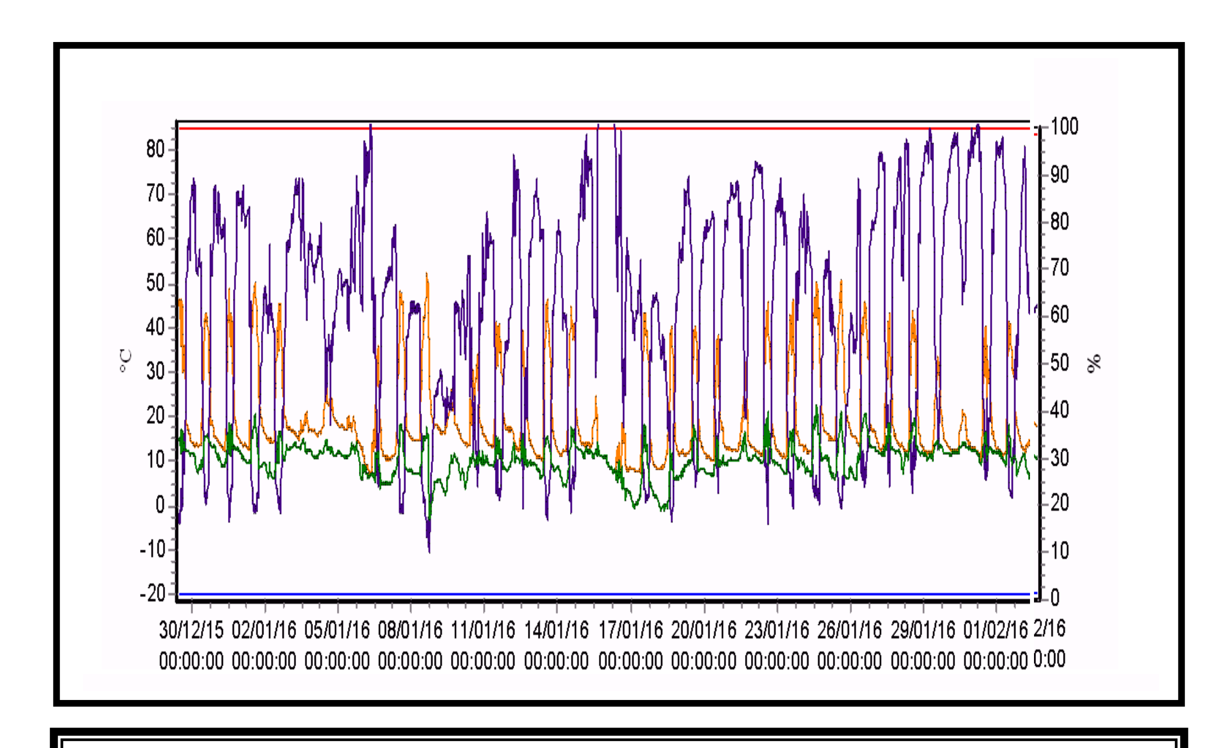
2015/07/29	22:34	30,4	37
2015/07/29	23:04	30	37
2015/07/29	23:34	29,7	60

ب – الزر المثبت خلال فصل الشتاء:

النتائج المتحصل عليها من خلال هذا الزر كانت كالآتي:

- بداية القياس: يوم 1 جانفي 2016م على الساعة 00:09 ليلا
- نهاية القياس: يوم 31 جانفي 2016 م على الساعة23:39 ليلا.
- أعلى درجة حرارة سجلت يوم 08 جانفي 2016م على الساعة 15:09 و تقدر بـ 52,1°م.
- أدنى درجة حرارة سجلت يوم 16جويلية 2016م على الساعة 06:39 و تقدر بـ 7,4°م.
- معدل درجات الحرارة خلال شهر جانفي: 19.3°م.
- أعلى نسبة رطوبة سجلت في يوم 06 جانفي 2016م على الساعة 07:39 إلى غاية الساعة 08:39 صباحا و هي تقدر بـ100 %، و قد سجلت أيضا يومي 15 و16 من هذا الشهر.
- أدنى نسبة رطوبة سجلت يوم 08 جانفي 2016م على الساعة 17:39 و هي تقدر بـ %10.
- معدل نسبة الرطوبة خلال شهر جانفي 2016 يقدر بـ 62 %.

و النتائج المحصل عليها ممثلة على شكل منحنيات بيانية في الشكل رقم (57).



شكل رقم(57): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني

و فيما يلي جدول رقم (33) و الذي يمثل درجات الحرارة المسجلة أثناء فترة وضع الزر في الضريح الملكي الموريطاني

جدول رقم (33): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم(°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2016/01/01	34,4	15,7	50,5	14,4
2016/01/02	30,8	16,9	45,3	15,3
2016/01/03	17,7	16,5	20,8	15,7
2016/01/04	22,5	17,9	28,8	17,0
2016/01/05	17,4	10,4	19,9	07,2
2016/01/06	18,3	10,9	35,8	10,3
2016/01/07	31,2	15,0	48,5	14,5
2016/01/08	24,9	17,5	52,1	16,0
2016/01/09	20,5	15,1	26,8	13,4
2016/01/10	24,1	15,0	34,2	13,4
2016/01/11	29,0	16,1	41,1	12,8
2016/01/12	21,8	12,0	39,2	10,5
2016/01/13	29,0	12,5	46,4	11,2
2016/01/14	29,8	14,2	41,1	13,2
2016/01/15	15,2	09,2	24,5	07,4
2016/01/16	11,5	08,0	20,8	07,6
2016/01/17	27,7	08,9	43,4	08,1
2016/01/18	22,3	11,9	40,4	11,2
2016/01/19	24,4	11,7	38,6	12,1

تابع الجدول رقم (33): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني:

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم (°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2016/01/20	22,3	12,7	38,6	12,1
2016/01/21	19,4	12,6	32,5	11,3
2016/01/22	29,0	12,1	45,8	10,5
2016/01/23	28,9	13,1	46,4	11,8
2016/01/24	34,5	15,9	50,3	14,5
2016/01/25	34,4	16,2	50,6	13,5
2016/01/26	32,3	14,8	44,3	12,3
2016/01/27	24,5	13,4	43,3	12,0
2016/01/28	27,8	12,4	43,7	11,3
2016/01/29	22,2	13,1	33,3	12,4
2016/01/30	16,8	12,4	20,8	10,7
2016/01/31	26,0	14,2	40,2	12,7

أما نتائج قياس الرطوبة فقد لخصناها في الجدول رقم (34)

جدول رقم (34): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2016/01/01	33	61	86	18
2016/01/02	33	78	75	18
2016/01/03	75	72	88	58
2016/01/04	54	65	78	41
2016/01/05	73	82	88	56
2016/01/06	53	69	100	24
2016/01/07	36	60	78	18
2016/01/08	23	42	62	10
2016/01/09	45	60	62	36
2016/01/10	44	71	76	23
2016/01/11	36	69	80	20
2016/01/12	54	80	90	19
2016/01/13	39	69	88	17
2016/01/14	39	87	92	18
2016/01/15	82	100	100	47
2016/01/16	70	63	100	36
2016/01/17	37	58	71	20
2016/01/18	36	75	70	16
2016/01/19	50	51	88	24
2016/01/20	51	83	82	22

تابع الجدول رقم (34): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني:

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2016/01/21	66	88	87	38
2016/01/22	45	80	91	16
2016/01/23	41	75	88	19
2016/01/24	33	64	84	20
2016/01/25	29	57	71	19
2016/01/26	43	85	88	24
2016/01/27	55	85	93	23
2016/01/28	49	93	96	22
2016/01/29	59	91	98	31
2016/01/30	80	96	98	62
2016/01/31	48	85	99	25

و فيما يلي جدول رقم (35) يمثل تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد.

جدول رقم (35): تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد في فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني

التاريخ	التوقيت	درجة الحرارة (°)	نسبة الرطوبة (%)
2016/01/16	00:09:01	11,1	100
2016/01/16	00:39:01	9,9	100
2016/01/16	01:09:01	9	100
2016/01/16	01:39:01	9,5	100
2016/01/16	02:09:01	8, 9	100
2016/01/16	02:39:01	8,6	100
2016/01/16	03:09:01	8,4	100
2016/01/16	03:39:01	8	100
2016/01/16	04:09:01	8	100
2016/01/16	04:39:01	8,4	100
2016/01/16	05:09:01	8,5	100
2016/01/16	05:39:01	7,5	100
2016/01/16	06:09:01	7,9	100
2016/01/16	06:39:01	7,4	100
2016/01/16	07:09:01	7,9	100
2016/01/16	07:39:01	8	100
2016/01/16	08:09:01	7,9	100
2016/01/16	08:39:01	8,2	92
2016/01/16	09:09:01	8,6	87
2016/01/16	09:39:01	10,5	84
2016/01/16	10:09:01	9,6	78

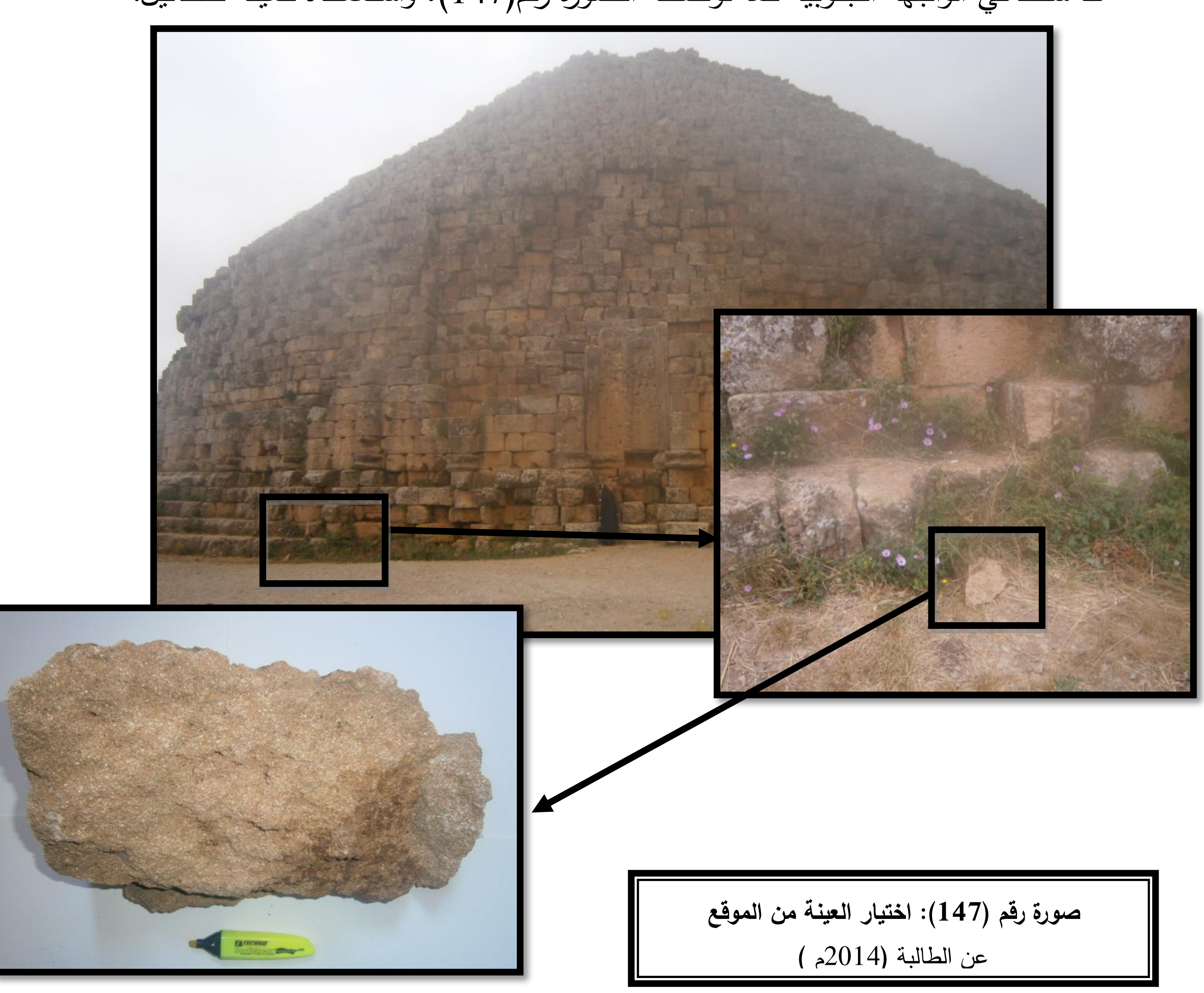
64	13,1	10:39:01	2016/01/16
73	9,9	11:09:01	2016/01/16
80	9,7	11:39:01	2016/01/16
76	14,2	12:09:01	2016/01/16
91	7,7	12:39:01	2016/01/16
93	8,6	13:09:01	2016/01/16
80	9,4	13:39:01	2016/01/16
98	7,5	14:09:01	2016/01/16
82	8,1	14:39:01	2016/01/16
66	14,4	15:09:01	2016/01/16
52	18,7	15:39:01	2016/01/16
48	14,6	16:09:01	2016/01/16
36	20,8	16:39:01	2016/01/16
44	18,5	17:09:01	2016/01/16
50	14	17:39:01	2016/01/16
43	16,3	18:09:01	2016/01/16
56	10,3	18:39:01	2016/01/16
58	9	19:09:01	2016/01/16
75	7,9	19:39:01	2016/01/16
69	8,6	20:09:01	2016/01/16
73	8,2	20:39:01	2016/01/16
71	7,8	21:09:01	2016/01/16
72	8,2	21:39:01	2016/01/16
69	8,3	22:09:01	2016/01/16

2016/01/16	22:39:01	8,6	68
2016/01/16	23:09:01	8,3	66
2016/01/16	23:39:01	8,2	67

2 -التحاليل المخبرية:

2 -1 اختيار العينات من الموقع:

تذكر المصادر و المراجع أنه استعمل نوع واحد من الحجارة في بناء تكسية الضريح ولهذا اخترنا عينة واحدة لدراسة خواصرها، و لقد عثرنا على جزء من حجارة البناء قد سقط في الواجهة الجنوبية كما توضحه الصورة رقم(147)، واستعملناه كعينة للتحاليل.



صورة رقم (147): اختيار العينة من الموقع

عن الطالبة (2014م)

2 2 التحاليل المخبرية:

لقد تم تقسيم العينة إلى عدة أجزاء لاستعمالها في مختلف التحاليل التي أجريت على مستوى ثلاث مخابر و هي : مخبر السيراميك بجامعة بومرداس، مخبر مركز الدراسات والخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM، و مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM ببومرداس.

2-2-1- الخصائص الفيزيائية للعينات:

لقد تم إجراؤها على مستوى مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM و كذا مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM ببومرداس و النتائج التي تحصلنا عليها ممثلة في الجدول رقم (36).

جدول رقم(36): الخصائص الفيزيائية لعينة من حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني

الخواص	اسم المخبر	المقاييس les norme	النتائج
الرطوبة الطبيعية	ORGM	NF EN 1097-6 : 1999	% 0,29
إمتصاص الماء	ORGM	NF EN 1097-6 : 2001	% 17,4
الكتلة الخصوصية	ORGM	NF EN 1097-7 : 1999	2,66 غ/ سم^3
المسامية	ORGM	NF EN 1097-7 : 1999	%35,41
الكتلة الحجمية الظاهرة	CETIM	NF EN 1936-MAI 2007	1975,9كغ/م^3
القساوة	CETIM	سلم موهس	4(فلوريت)

2-2-2- الخصائص الكيميائية للعينات:

تتمثل الخصائص الكيميائية للحجر في كل من تركيبته الكيميائية و درجة ال PH وقد تم قياسهما في المخابر السابقة الذكر و كانت النتائج كالآتي:

أ -التركيبة الكيميائية للعينة المدروسة:

لقد أجرينا التحليل بتقنية تفلور الأشعة السينسة (Analyse par Fluorescence X) و هذا على مستوى مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM ببومرداس، والنتائج التي تحصلنا عليها ممثلة في الجدول رقم (37).

جدول رقم (37): التركيبة الكيميائية للصخور المستعملة في بناء الضريح الملكي الموريطاني

التركيبة الكيميائية	النسبة المئوية %
SiO_2	6,24
Al_2O_3	0,61
Fe_2O_3	1,30
CaO	50,04
MgO	1,19
Na_2O	<0,05
K_2O	<0,05
TiO_2	<0,05
MnO	<0,05
P_2O_5	0,95
PAF	40,96

ب - درجة الحموضة (PH):

تم قياسها على مستوى مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM و كانت نتيجة التحليل أن: درجة حموضة حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني تقدر بـ: 8,6.

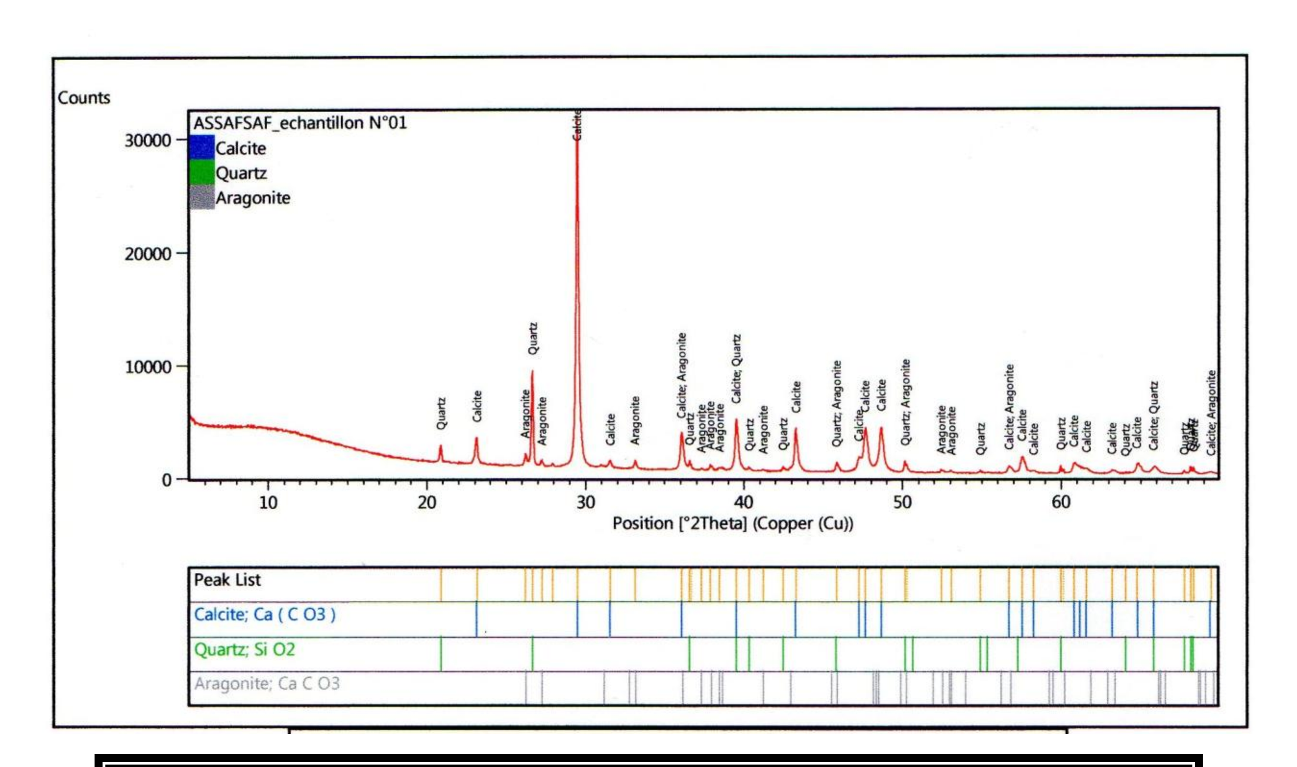
2-2-3- التركيبة المعدنية:

لقد أجرينا التحليل بتقنية حيود الأشعة السينسة (Diffraction des rayons X) وهذا على مستوى مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM ببومرداس.

الجهاز المستعمل هو: DIFFRACTOGRAMME XPERT-PRO

البرنامج (LOGICIEL):HIGHT SCORE , DATA COLLECTOR

النتائج المتحصل عليها ممثلة في الشكل رقم (58):



الشكل رقم (58) : التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني عن مخبر ORGM

2-2-4- الصدم الحراري:

لقد أجرينا التحليل بمخبر السيراميك بجامعة بومرداس.

أ - أدوات العمل:

عينات من الحجارة، فرن التجفيف، ماء عادي، إناء من الخزف الصيني، ملاقط لرفع الحجارة الساخنة.

ب - مبدأ العمل:

- نضع عينات الحجارة لمدة 15 دقيقة في فرن التجفيف ذو درجة حرارة معينة.
- نخرج هذه العينات من الفرن و نضعها داخل ماء بارد درجته حوالي 5°م.
- نلاحظ ما سيحدث للعينات.
- نرجع العينات إلى الفرن مع رفع درجة الحرارة و نعيد نفس المراحل السابقة و كانت درجات الحرارة المستعملة من 60 إلى 250°م.
- النتائج التي تحصلنا عليها مسجلة في الجدول رقم (38).

جدول رقم (38): نتائج الصدم الحراري

درجة الحرارة	الملاحظات	الصور
60°م	لم يحدث شيء للعينات	
80°م	لم يحدث شيء للعينات	
100°م	لم يحدث شيء للعينات	

120°م	تفتت طفيف	
160°م	تفتت طفيف	
180°م	تفتت أجزاء من العينات	
220°م	تفتت أجزاء من الحجارة	
250°م	أصبحت العينات هشة وتتفتت بسهولة	

2-2-5-مقاومة الجليد:

- نقوم بتجفيف ثلاثة أجزاء من العينة في فرن التجفيف درجة حرارته (100 إلى 110°م) حتى نتحصل على كتلة ثابتة نرمز لها ك$_1$.
- نقوم بغمر العينات داخل الماء لمدة 48 ساعة في ماء درجة حرارته (15± 5°م)
- نضع العينات داخل براد الثلاجة لمدة 4 ساعات بحيث تكون درجته(-15± 5°م)
- نخرج العينات من البراد و نضعها من جديد في ماء درجة حرارته (15± 5°م) لمدة 4 ساعات.
- قمنا بإعادة التجربة 25 مرة متتالية.
- بعدها نترك العينات في الهواء الطلق لمدة 24 ساعة، ثم في فرن التجفيف درجة حرارته (105 إلى 110°م) حتى نتحصل على كتلة ثابتة نرمز لها ك$_2$.

النتائج المتحصل عليها ممثلة في الجدول رقم (39).

جدول رقم (39): نتائج قياس الكتل أثناء التجربة

العينات / الكتل	العينة 1	العينة 2	العينة 3
الكتل ك$_1$ (غرام)	98,0	82,3	61,3
الكتل ك$_2$(غرام)	97,4	80,8	60,3

حساب نسبة الكتلة المفقودة:

لدينا: نسبة الكتلة المفقودة = $\frac{ك_1 - ك_2}{ك_1} \times 100$ %

حيث: ك$_1$: الكتلة الثابتة عند بداية التجربة(غرام)

ك$_2$: الكتلة الثابتة عند نهاية التجربة(غرام)

بتطبيق العلاقة السابقة نتحصل على النتائج المبينة في الجدول رقم (40).

جدول رقم (40): نتائج قياس نسبة الكتلة المفقودة

العينات	العينة1	العينة 2	العينة 3	المعدل
نسبة الكتلة المفقودة	0,6	1,8	1,6	1,3

3 –تحليل النتائج:

- من خلال نتائج قياس كل من الرطوبة النسبية و درجة الحرارة في الموقع نلاحظ ارتفاع درجة الحرارة خلال النهار و انخفاضها خلال الليل و هذا سيسبب في تمدد معادن الصخور في النهار وانكماشها في الليل، و هذا الإختلاف في معدلات التمدد والإنكماش سيؤدي إلى تفتت الصخور و تشققها و تساقط حبيباتها.
- إرتفاع الرطوبة في مختلف فصول السنة حيث تصل في بعض الأحيان إلى 100% حتى في فصل الصيف ما يؤثر على تلف الصخور و يساعد على نمو النباتات وانتشار الكائنات الحية الدقيقة كالأشنات على السطح.
- لقد كانت سنة 2016 سنة جافة حيث سجلنا ارتفاع كبير لدرجة الحرارة خلال شهر جانفي ، كما لم نسجل تساقط كثير للأمطار.
- أظهرت التركيبة الكيميائية لعينة حجارة بناء الضريح الملكي الموريطاني أنها تحتوي على نسبة كبيرة من أكسيد الكالسيوم CaO تفوق 50% فهي إذا حجارة جيرية.
- التركيبة المعدنية للعينة تظهر احتواءها على الكالسيت بالدرجة الأولى، و نسب معتبرة من الأراجونيت و الكوارتز نظرا لخصوصية محاجر المنطقة القريبة من البحر.

- حموضة عينة الصخر تساوي 8,6 فالحجارة إذا قاعدية تتأثر بالأحماض، و بهذا يجب تفادي استعمال هذه الأخيرة للتنظيف أو إزالة بقع الألوان أو الأملاح المتكلسة على السطح.
- نسبة امتصاص الماء تقدر بـ 17% و هي قيمة معتبرة فالحجارة إذا نفوذة للماء والمحاليل و بهذا يجب تفادي التنظيف باستعمال الماء و أخذ الإحتياطات اللازمة عند استعمال المحاليل سواء للتنظيف أو التقوية.
- المسامية تقدر بـ 35,41 % فالحجارة إذا ذات مسامية عالية و لهذا فهي تتأث ر بعوامل التلف المختلفة خاصة الرطوبة و الأملاح و هذا ما تعكسه حالة الحفظ.
- قساوة الحجر تساوي 4 على سلم موهس و هذا يساعدنا على اختيار طريقة التنظيف المستعملة و كذا نوعية المادة الكاشطة في حالة النسف الدقيق.
- في تجربة الصدم الحراري نلاحظ بداية التفتت عند وضع ا لحجارة في درجة 120°م وهذا تأثرها بتغيرات درجة الحرارة بين الليل و النهار أو من فصل لآخر.
- من خلال تعريض الصخور إلى دورات متتالية من الجليد لاحظنا فقدان كمية معتبرة من المادة تقدر بحوالي 1,3%، و هذا دليل على تأثر هذه الحجارة بعامل تجمد الماء داخل المسامات.

الخلاصة:

بعد الدراسة التطبيقية حول الضريح الملكي الموريطاني و التي تمثلت في وصف الضريح و حالة حفظه و تشخيص مظاهر التلف عليه و من ثم التعرف على طبيعة المناخ بالمنطقة عن طريق قياس كل من درجة الحرارة و الرطوبة بأجهزة خاصة، و كذا إجراء تحاليل مخبرية لعينة من الصخور المستعملة في البناء استخلصنا ما يلي:

- لا يزال الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا يحتفظ بشكله العام رغم التهدم الذي أصاب بعض جزائه.
- من بين مظاهر التلف الأكثر وضوحا على الضريح نجد انتشار النباتات و الأشنات على سطح الحجارة بالإضافة إلى تأثير الأملاح عليها.
- من خلال قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع استنتجنا أن درجة الحرارة معتدلة سواء في فصل الصيف أو الشتاء أما الرطوبة النسبية فهي مرتفعة على مدار العام.
- أثبتت التحاليل المخبرية على أنه استعمل في بناء الضريح الملكي الموريطاني حجارة جيرية ذات مسامية عالية و نفاذية كبيرة وتتأثر بالتغيرات المناخية خاصة الجليد.

الفصل الثاني :

الجانب الميداني و التطبيقي لخريطة الخروب

الفصل الثاني: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح الخروب

تمهيد

أولا: العمل الميداني

1 - وصف الضريح

2 - تشخيص مظاهر التلف على الضريح

ثانيا: العمل التطبيقي

1 - قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

2 - التحاليل المخبرية

3 - تحليل النتائج

الخلاصة

تمهيد:

يقع ضريح الخروب على هضبة تشرف على مدينة قسنطينة، في منطقة تعرف تقلبات مناخية كثيرة بحكم الموقع الجغرافي للولاية التي تتميز بارتفاع درجة الحرارة صيفا وبرودة شديدة في فصل الشتاء مع كثرة الأمطار، و هذا انعكس سلبا على حالة حفظ الضريح حيث فقدت معظم الحجارة سطحها الأصلي الذي قد يرجع سببه إلى الأمطار الحمضية، و لهذا نسعى من خلال هذا الفصل التطبيقي إلى التعرف أكثر عن الخصائص المناخية للمنطقة عن طريق قياس كل من درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع خلال شهر من فصل الشتاء و كذا في فصل الصيف، بالإضافة إلى الزيارات الميدانية للموقع خلال فترات مختلفة من السنة للوقوف على حالة حفظه، و تشخيص مظاهر التلف عليه، وأخيرا إجراء تحاليل مخبرية على عينة من حجارة البناء للتعرف على خصائصها.

أولا: العمل الميداني:

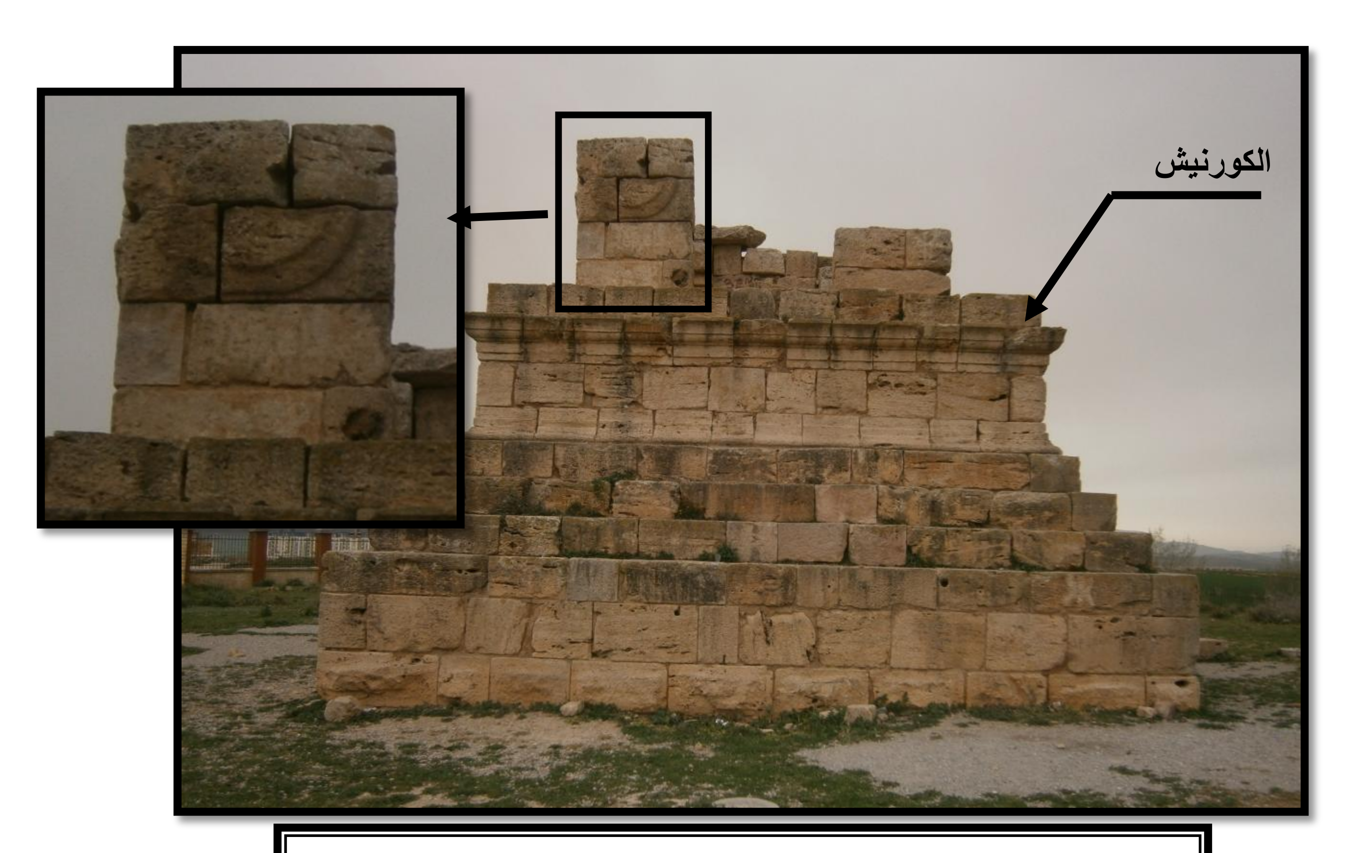
يشتمل هذا الجزء على وصف الضريح و كذا تشخيص مظاهر التلف عليه.

1 –وصف الضريح:

لقد تعرض ضريح الخروب للتهديم على مر العصور بفعل العوامل المختلفة طبيعية كانت أم بشرية، و حاليا لم يبق منه إلا القاعدة و الطابق السفلي.

1 1 الواجهة الشرقية:

هذه الواجهة في حالة حفظ جيدة لكنها تفتقد إلى أجزاء من طابقها العلوي كما توضحه الصورة رقم (148)، الطابق السفلي لا يزال يحتفظ بكل حجارته حيث أعيد بناؤه أثناء الترميمات السابقة، و كذلك الكورنيش، أما الطابق العلوي فيتكون من كتلتين من الحجر قد تكونان أعمدة إحداها أعلى من الأخرى و مزينة بدرقات ناتئة تشبه درع كروي.



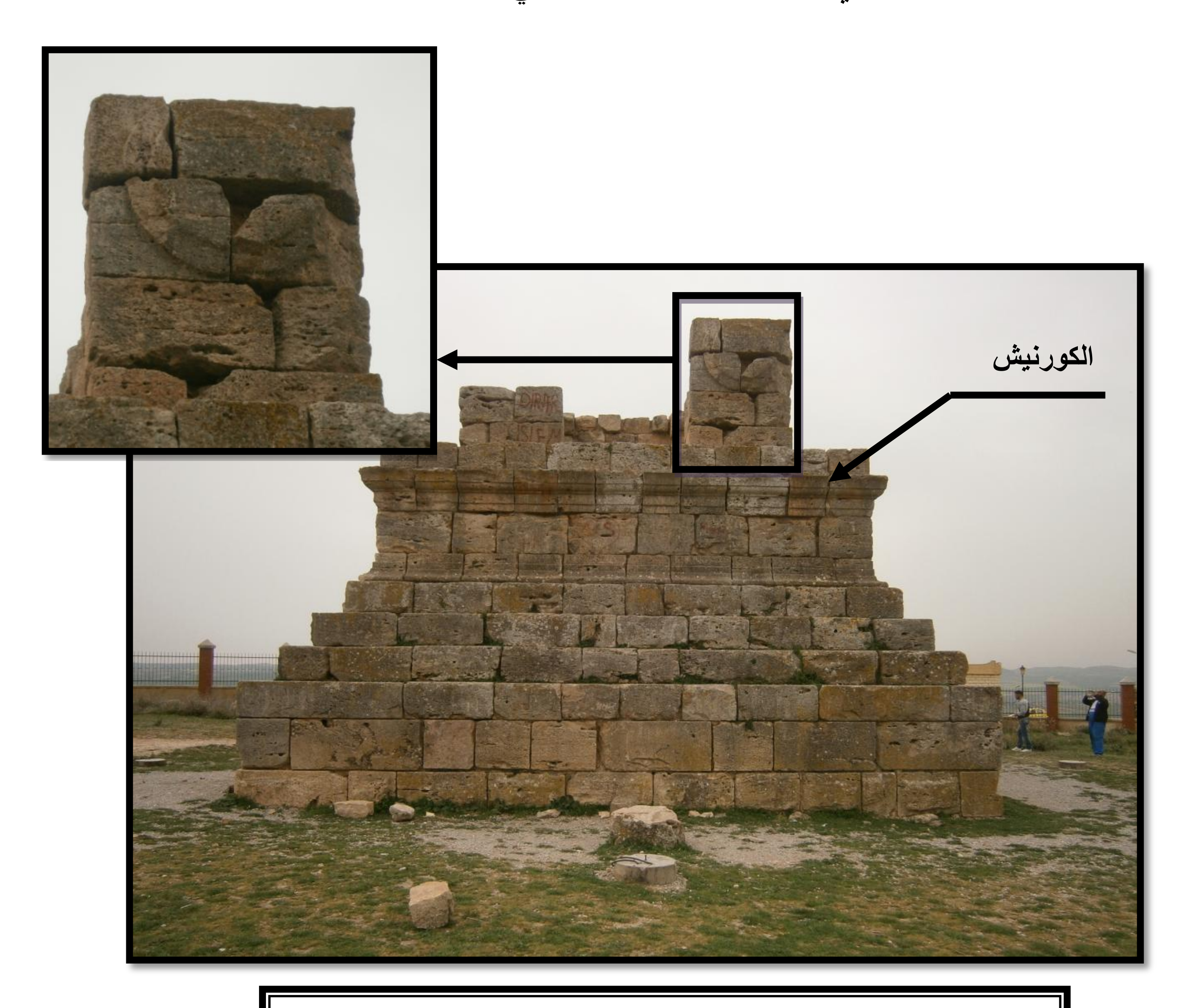
صورة رقم (148): الواجهة الشرقية لضريح الخروب

عن الطالبة (2016م)

لكن يظهر من خلال الصورة أن الأحجار المشكلة للأعمدة في القسم العلوي لم ترجع بالطريقة الصحيحة و هذا ما يبينه الشكل الغير منتظم للزخرف، أما الجزء بين العمودين فقد اصطفت فيه بعض الحجارة بشكل عشوائي.

1 2 الواجهة الجنوبية:

هذه الواجهة أيضا في حالة حفظ جيد ة لكنها تفتقد إلى أجزاء من الطابق العلوي كما توضحه الصورة رقم (149)، الطابق السفلي يحتفظ بكل حجارته في أماكنها و حتى الكورنيش ذو العنق المصري يبدوا واضحا من بعيد و في حالة جيدة.



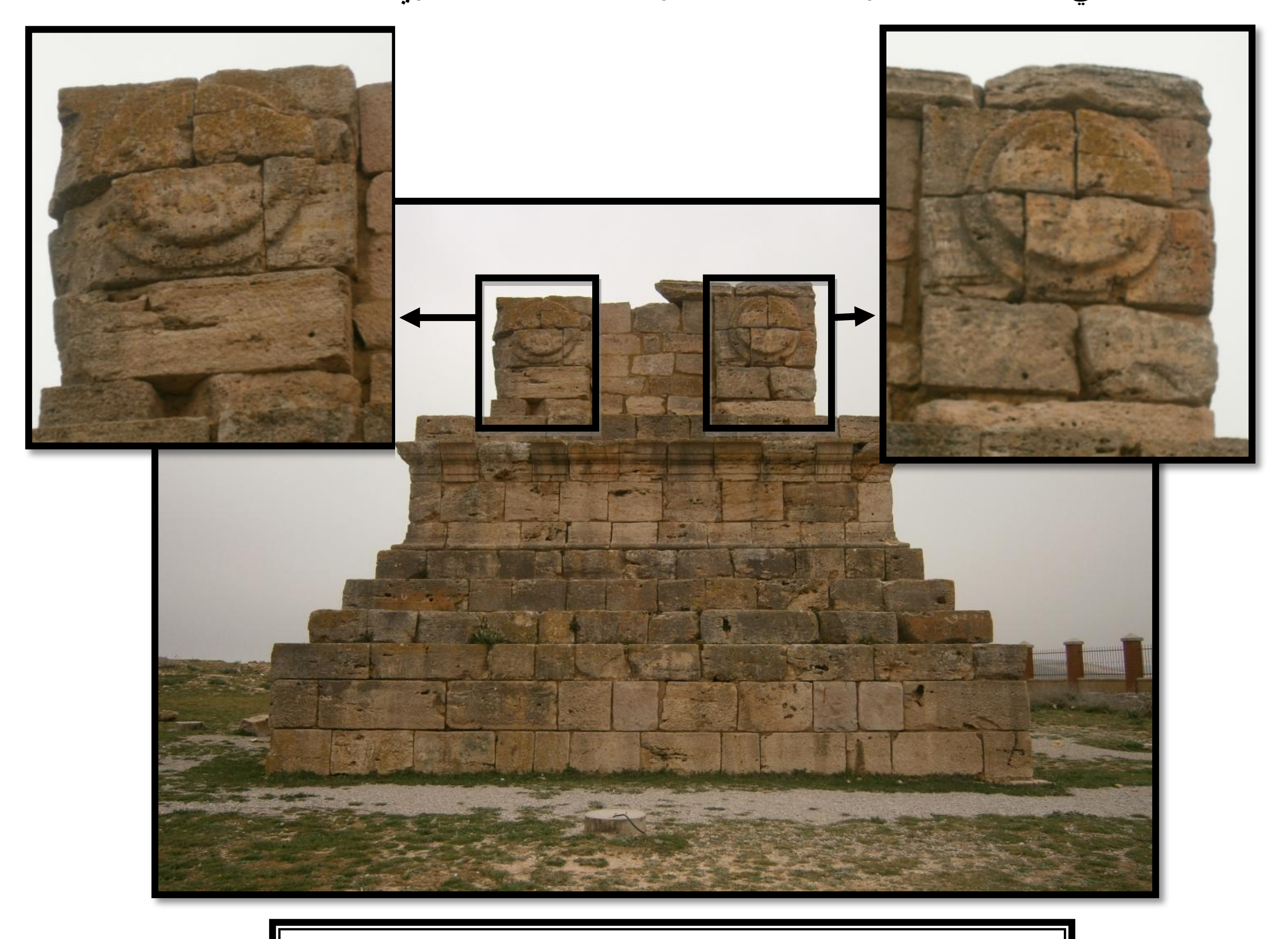
صورة رقم (149): الواجهة الجنوبية لضريح الخروب

عن الطالبة (2016م)

القسم العلوي يفتقد إلى العديد من حجارته و لم يبقى منه إلى جزء عمودين أحدهما أكبر من الآخر و لهذا يصعب علينا التكهن بالشكل أو الإرتفاع الحقيقي لهذا الجزء ، العمود الأول يتكون من أربعة مداميك و فيه زخرف ناتئ على شكل درع كروي أما العمود الثاني فيتكون من مدماكين فقط و بين هذين العمودين فراغ لا ندري إن كانت فيه أبواب وهمية كما ظن غزال (Gsell) أم شيء آخر.

1 3 الواجهة الغربية:

هذه الواجهة في حالة حفظ جيدة كما توضحه الصورة رقم (105)، مداميك الطابق السفلي تحتفظ بكل حجارتها، و كذلك الكورنيش ذو العنق المصري.



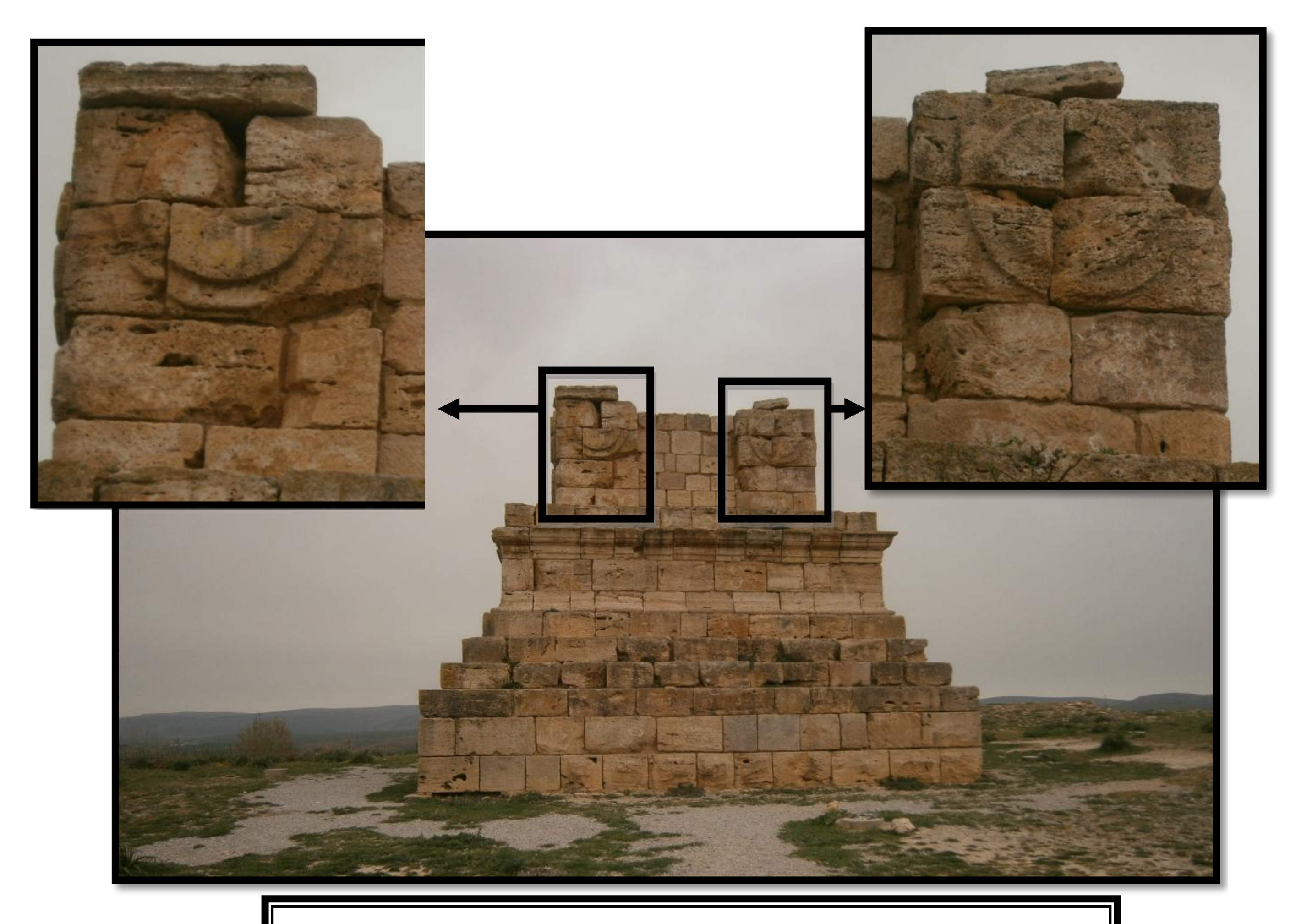
صورة رقم (150): الواجهة الغربية لضريح الخروب

عن الطالبة (2016م)

الطابق العلوي يفتقد إلى أجزاء منه فمن الواضح أنه غير مكتمل، و لم يبقى منه إلا بعض الحجارة التي تكون عمودين فيهما أربعة مداميك و عليهما زخرف ناتئ يشبه درع كروي، وقد وضعت صفائح حجرية على العمود الأيمن لا ندري إن كان هو مكانها الصحيح في البناء، أما الجزء الذي يتوسط العمودين فقد بني بنفس الحجر الذي بني به الضريح لكنها أصغر حجما من حجارة الطابق السفلي.

1 4 الواجهة الشمالية:

هذه الواجهة أيضا في حالة حفظ جيدة كما توضحه الصورة رقم (151)، المداميك المكونة للطابق السفلي لا تزال تحتفظ بكل حجارتها و كذلك الكورنيش ذو العنق المصري يظهر لنا واضحا من بعيد.



صورة رقم (151): الواجهة الشمالية لضريح الخروب

عن الطالبة (2016م)

الطابق العلوي قد فقد العديد من حجارته و لم يبقى منه إلا أجزاء من عمودين عليهما زخرف ناتئ شبيه بدرع كروي و هو واضح في كلا العمودين و قد وضعت صفائح حجرية على العمودين ربما أثناء عملية الترميم، أما الجزء الذي يتوسط العمودين فقد أعيد بناؤه باستعمال حجارة مصقولة صغيرة الحجم مقارنة بحجارة باقي أجزاء المبنى.

2 -تشخيص مظاهر التلف على الضريح:

تختلف مظاهر التلف التي قد نصادفها على المباني الأثرية و هذا راجع إلى اختلاف المرقع الجغرافي و كذا خصوصية مناخ كل منطقة، و يمكن أن نلخص مظاهر التلف على ضريح الخروب فيما يلي:

2-1 نمو النباتات:

النباتات قليلة مقارنة بالضريح الملكي الموريطاني ، و هي تنموا خاصة بين وصلات الحجارة أين تجد الظروف الملائمة لنموها كتراكم الأترية و حبوب اللقاح التي تحملها الرياح، إضافة إلى مياه الأمطار، و تتكاثر خاصة في فصل الشتاء، و الصور رقم (152، 153، 154، 155) تبين نماذج عن النباتات التي نمت على ضريح الخروب.



صورة رقم (152): النباتات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (153): النباتات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (أفريل 2016)



صورة رقم (154): النباتات في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (155): النباتات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)

2 2 الطحالب و الأشنات:

تنتشر الأشنات تقريبا على كامل حجارة الضريح و هي على شكل بقع ذات ألوان مختلفة كالبرتقالي و الأبيض تظهر على سطح الحجر كما توضحه الصور رقم (156، 157، 158، 159)، وهذا نتيجة توفر الظروف الملائمة لنموها كالرطوبة.



صورة رقم (156): الأشنات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (157): الأشنات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (158): الأشنات في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (159): الأشنات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)

2 3 تشقق الحجارة:

يتشقق الحجر نتيجة عدة عوامل كالتغير في رجات الحرارة بين الليل و النهار وتجمد الماء داخل المسامات نتيجة انخفاض درجة الحرارة إلى الصفر، كما للأملاح المتبلورة في المسامات دور في إحداث هذه التشققات، و نجدها تختلف فيما بينها فهناك الأفقية والعمودية و المائلة و كذا الضيقة و الواسعة و الدقيقة، و الصور رقم (160، 161، 162، 163) توضح مختلف الشقوق التي صادفناها على ضريح الخروب.



صورة رقم (160): التشققات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (161): التشققات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (162): التشققات في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (163): التشققات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)

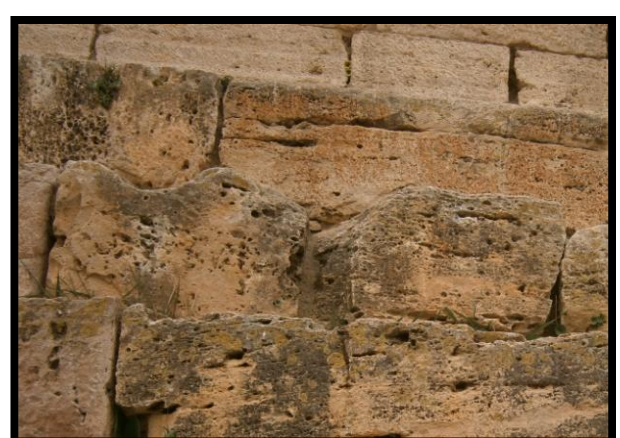
2 4 تفتت و تآكل الحجارة:

تتفتت الحجارة و تتآكل نتيجة عدة عوامل طبيعية كالرياح المحملة بالرمال أو المناخية كالأمطار الحمضية، و هذا ما يسبب في نقص حجم الحجر و تغير شكله و ما شد انتباهنا في ضريح الخروب هو كثرة التجاويف على الحجارة و هي مختلفة الأحجام والأشكال و الصور رقم (164، 165، 166، 167) تبين هذه المظاهر.

صورة رقم (164): تآكل الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (165): تآكل الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (166):تآكل الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (167): تآكل الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)

2 5 تخشن السطح:

عند ملاحظة حجارة بناء ضريح الخروب نجد أن سطحها صار خشنا و غير مستو كما توضحه الصور رقم (168، 169، 170، 171)، و هذا راجع إلى عدة عوامل كالأمطار الحمضية التي تهاجم السطح.

صورة رقم (168): تخشن السطح في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (169):تخشن السطح في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



صورة رقم (170): تخشن السطح في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)

صورة رقم (171): تخشن السطح في الواجهة الشماية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)

2 6 الكتابة على الحجارة:

من النتائج السلبية للزيارات الغير مراقبة للمعالم الأثرية كثرة الكتابات على الحجارة سواء بمختلف الأحبار و الأصبغة أو بالخدش، و ضريح الخروب بدوره لم يسلم من هذا الفعل التخريبي كما تظهره الصور رقم (172، 173، 174، 175).





صورة رقم (172): الكتابة على الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)

صورة رقم (173): الكتابة على الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016)



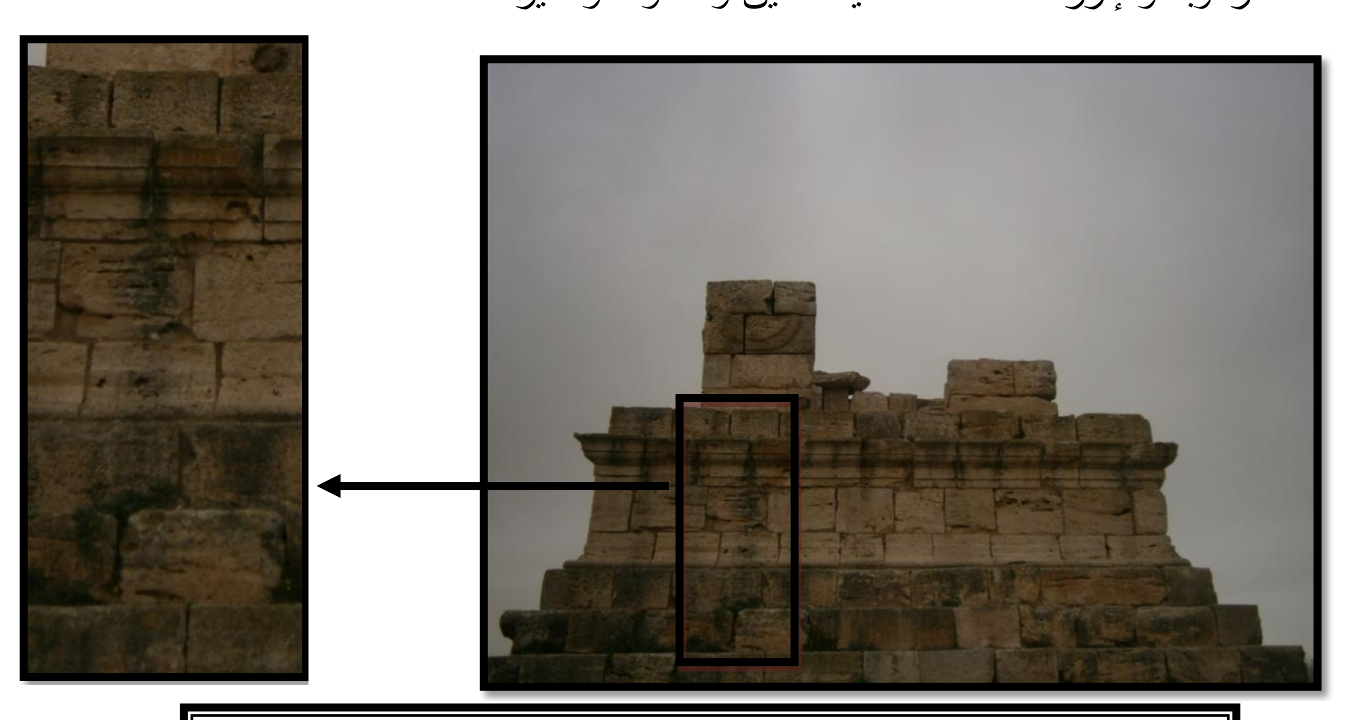
صورة رقم (174): الكتابة على الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



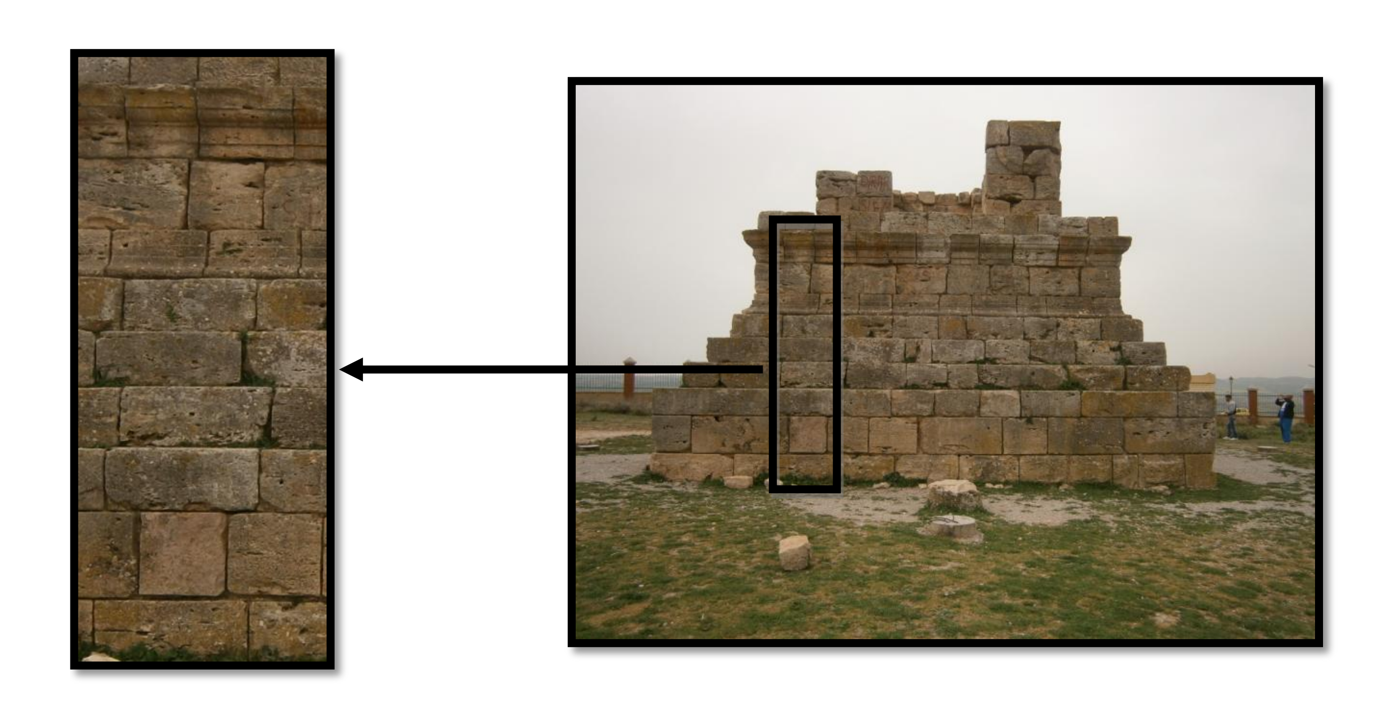
صورة رقم (175): الكتابة على الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)

2 7 تغير اللون:

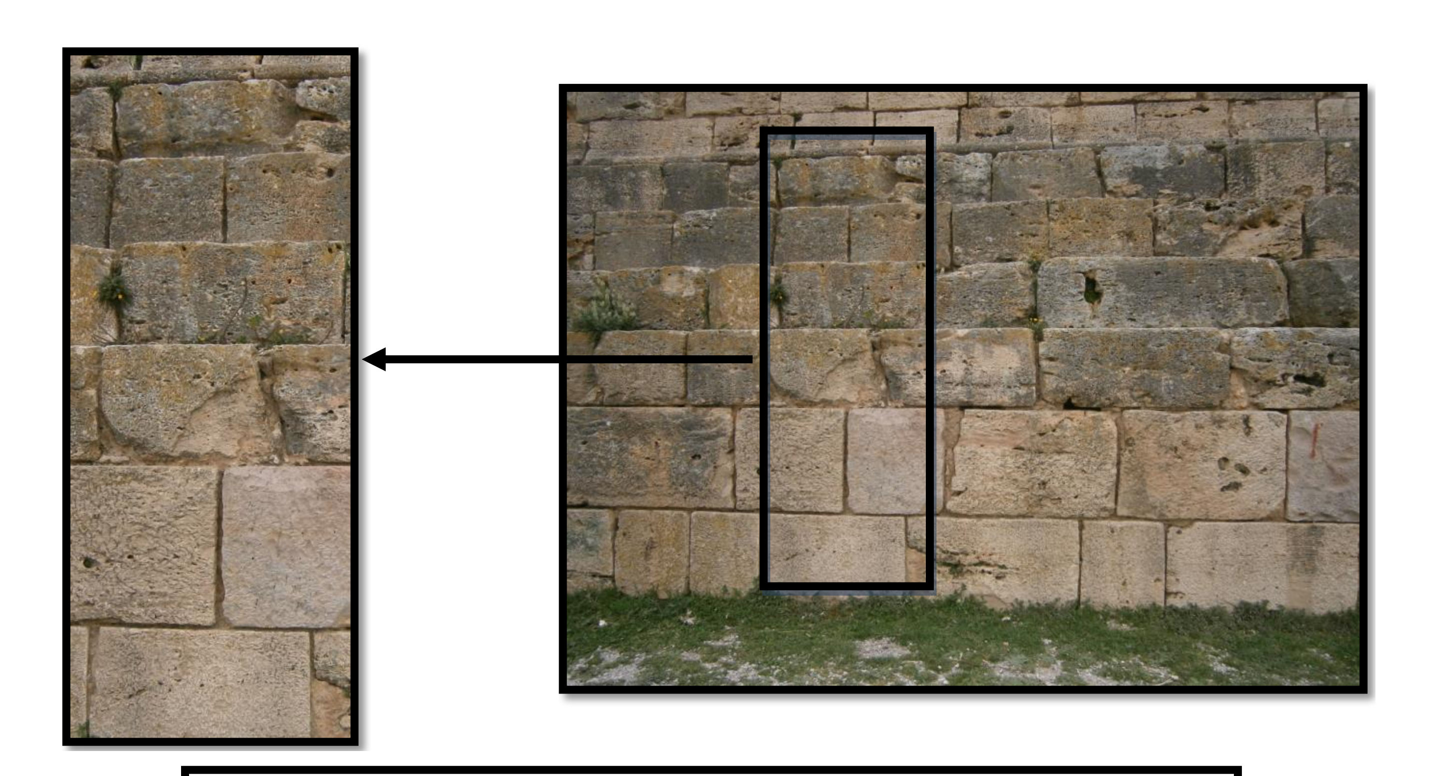
الملاحظ على واجهات ضريح الخروب هو اختلاف ألوان حجارتها كما توضحه الصور رقم (176، 177، 178، 179)، و تغير اللون يكون نتيجة لعدة عوامل كالرطوبة و إفرازات الكائنات الحية الدقيق و التلوث و غيرها.



صورة رقم (176): تغير لون الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (177): تغير لون الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب
عن الطالبة (أفريل 2016م)



صورة رقم (178): تغير لون الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب
عن الطالبة (أفريل 2016م)



صورة رقم (179): تغير لون الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب
عن الطالبة (أفريل 2016م)

ثانيا: العمل التطبيقي:

1- قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

لقد تم تثبيت أزرار الرطوبة و الحرارة في الموقع، بعد برمجتها لقياس كل من نسبة الرطوبة و درجة الحرارة في فترة معينة ، و قد قمنا بهذه التجربة خلال فصلين مختلفين (الشتاء و الصيف)، واخترنا شهر في كل فص ل بحيث يسجل قياس في كل نصف ساعة.

1 1 تثبيت أجهزة القياس بالموقع:

المرحلة الأولى: تتمثل في برمجة أزرار الرطوبة في جهاز الكمبيوتر بحيث نحدد:

- الوقت الذي تبدأ فيه القياسات، و الذي حددناه بـ 45 يوم بعد البرمجة.
- الوقت الذي تتوقف فيه القياسات، و الذي حددناه بـ 31 يوم.
- تحديد دقة القياس و قد اخترنا أدقها و تقدر بـ 0.1.
- تحديد الزمن بين قياس و آخر، و كان بتسجيل قياس في كل 30 دقيقة خلال شهر.

المرحلة الثانية: تتمثل في تثبيت الأزرار في الموقع و نلخصها في ما يلي:

- تثبيت الزر على الحامل باستعمال شريط لاصق من الورق، مع تسجيل رقم الزر على الشريط.
- باستعمال بوصلة حددنا الإتجاهات الأربعة بالتدقيق و اخترنا الواجهة الشرقية لتثبيت جهاز القياس فيها.
- تثبيت الرز، و لأننا أردنا قياس تغيرات المناخ الخارجي، فقد وجهنا الجزء الحساس من الزر نحو الخارج.

1 2 النتائج المتحصل عليها:

أ خلال فصل الصيف:

ثبتنا الزر من الواجهة الشرقية و هي في حالة حفظ جيدة، و هذا الزر موضح في الصورة رقم (180).



صورة رقم(180): الزر المثبت في الواجهة الشرقية في ضريح الخروب

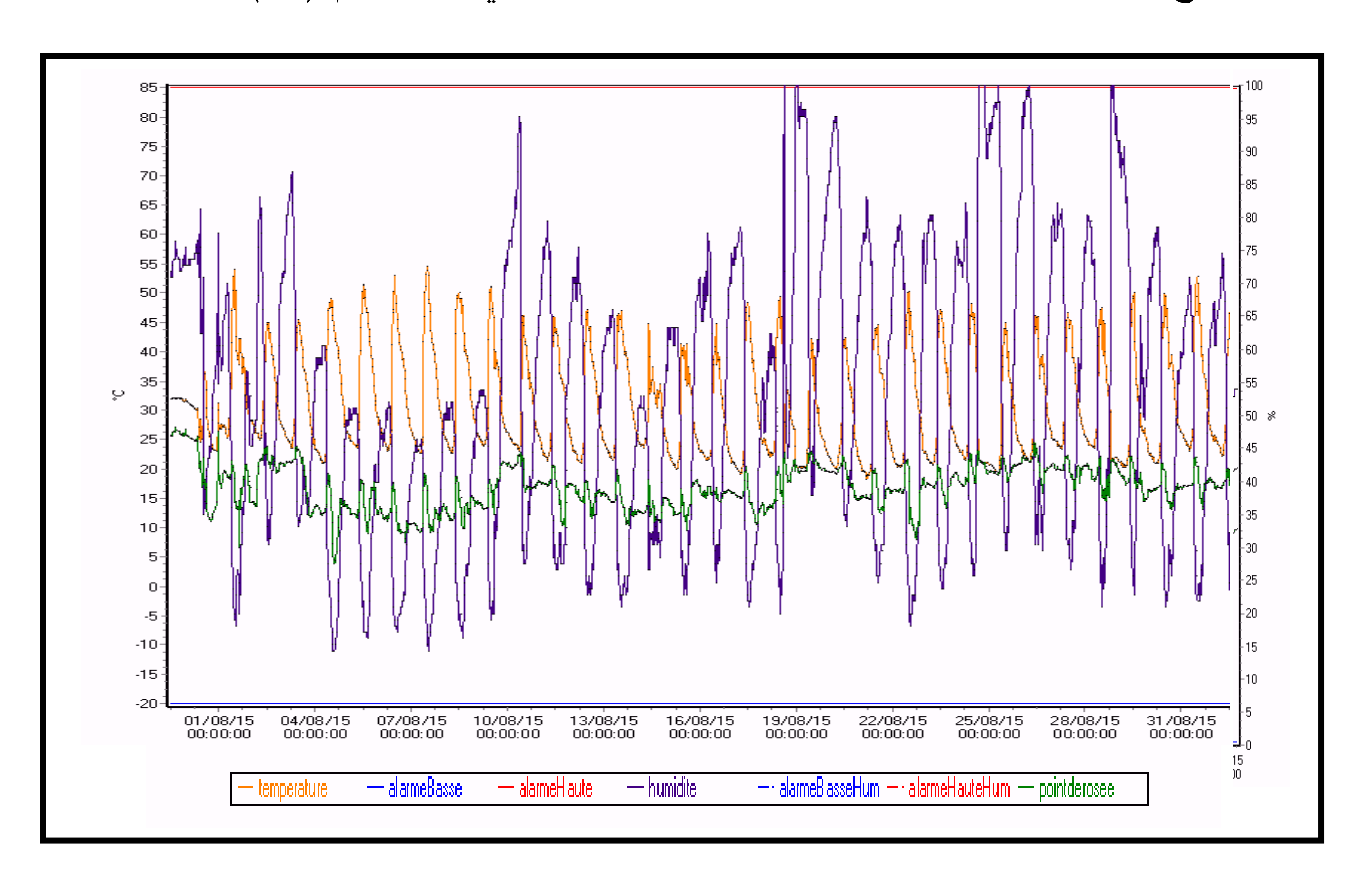
عن الطالبة، (جويلية 2015)

النتائج المتحصل عليها من خلال هذا الزر كانت كالآتي:

- بداية القياس : يوم 1 أوت 2015م على الساعة 00:00 ليلا
- نهاية القياس : يوم 31 أوت 2015 م على الساعة 00:00 ليلا.
- أعلى درجة حرارة سجلت يوم 07 أوت 2015م على الساعة 12:00 و تقدر بـ 54,5°م.

- أدنى درجة حرارة سجلت يوم 21 أوت 2015م على السا عة 05:30 و تقدر بـ 18,2°م.
- معدل درجات الحرارة خلال شهر أوت: 30,7°م.
- أعلى نسبة رطوبة سجلت يوم 19 أوت 2015م على الساعة 00:00 و هي تقدر بـ100%، و كذا في أيام أخرى.
- أدنى نسبة رطوبة سجلت يوم 04 أوت 2015م على الساعة 14:00 و هي تقدر بـ 09%، و كذا يوم 07 أوت 2015م على الساعة 13:00.
- معدل نسبة الرطوبة خلال شهر أوت: 49 %.

و النتائج المحصل عليها ممثلة على شكل منحنيات بيانية في الشكل رقم (59).



شكل رقم(59): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الصيف في منطقة الخروب

و فيما يلي جدول رقم (41) يمثل درجات الحرارة المسجلة أثناء فترة وضع الزر في ضريح الخروب.

جدول رقم (41): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الصيف في ضريح الخروب.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم(°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2015/08/01	40,5	27,9	54,1	25,2
2015/08/02	37,8	26,2	45,1	24,9
2015/08/03	37,7	23,7	45,5	23,7
2015/08/04	40,8	26,6	49,1	21,1
2015/08/05	42,4	26,7	51,4	23,6
2015/08/06	41	26,1	53,1	23,1
2015/08/07	42,5	26,3	54,5	22,7
2015/08/08	41,4	27	50	22,7
2015/08/09	38,7	25,7	51,1	24
2015/08/10	35,3	24,7	46,3	23,1
2015/08/11	36,8	23,9	46,1	21,4
2015/08/12	37,4	24,4	47,3	21,1
2015/08/13	39,1	26,6	47,1	21,5
2015/08/14	32,8	23,2	44,8	23,6
2015/08/15	33,9	23,1	41,4	20
2015/08/16	33,7	21,2	44,9	21,5
2015/08/17	37,3	24,4	48,3	19,1
2015/08/18	35,2	22,3	49,4	22

تابع الجدول رقم (41): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح الخروب.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم (°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2015/08/19	31,6	22	42,2	20,1
2015/08/20	33,2	20,9	42,4	19,9
2015/08/21	35,3	22,3	44,6	18,2
2015/08/22	38,1	23,4	50,2	20,3
2015/08/23	37,4	24,1	47,2	20,7
2015/08/24	33,8	20,4	48,2	20,8
2015/08/25	34,8	23,3	45,1	19,4
2015/08/26	36,5	25,4	46,2	21,2
2015/08/27	37,9	25,8	46,7	23,4
2015/08/28	36,5	21,2	47,6	21,3
2015/08/29	34,5	23	50,1	20,4
2015/08/30	38,9	26,1	49,8	21
2015/08/31	39,2	25,1	52,8	23,1

أما نتائج قياس الرطوبة فقد لخصناها في الجدول رقم (42).

جدول رقم (42): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح الخروب.

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2015/08/01	27	58	68	13
2015/08/02	42	73	82	27
2015/08/03	38	51	86	29
2015/08/04	21	44	58	09
2015/08/05	22	42	48	11
2015/08/06	20	37	49	12
2015/08/07	19	42	43	09
2015/08/08	22	45	49	11
2015/08/09	30	74	71	14
2015/08/10	44	65	95	23
2015/08/11	31	63	78	22
2015/08/12	29	57	74	18
2015/08/13	25	42	64	16
2015/08/14	30	55	55	22
2015/08/15	32	67	68	18
2015/08/16	37	71	76	20
2015/08/17	30	50	77	16
2015/08/18	40	88	100	15
2015/08/19	57	86	100	34
2015/08/20	47	70	95	29

تابع الجدول رقم (42): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح الخروب.

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2015/08/21	35	69	82	20
2015/08/22	28	69	79	13
2015/08/23	34	70	79	19
2015/08/24	55	95	100	21
2015/08/25	46	89	100	25
2015/08/26	44	73	100	25
2015/08/27	38	69	80	22
2015/08/28	38	91	100	19
2015/08/29	45	65	91	18
2015/08/30	30	57	77	21
2015/08/31	32	62	69	17

و فيما يلي جدول رقم (43) يمثل تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد.

جدول رقم (43): تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد في ضريح الخروب:

اليوم	الساعة	درجة الحرارة	اليوم
2015/08/28	00:11	25,9	72
2015/08/28	00:41	25,7	74
2015/08/28	01:11	25,6	73
2015/08/28	01:41	25,4	75
2015/08/28	02:11	25,1	78
2015/08/28	02:41	24,7	77
2015/08/28	03:11	24,6	79
2015/08/28	03:41	24,6	78
2015/08/28	04:11	24,1	78
2015/08/28	04:41	24,1	78
2015/08/28	05:11	24	77
2015/08/28	05:41	23,9	73
2015/08/28	06:11	23,8	71
2015/08/28	06:41	23,7	72
2015/08/28	07:11	23,7	70
2015/08/28	07:41	23,9	69
2015/08/28	08:11	25,2	65
2015/08/28	08:41	26,2	63
2015/08/28	09:11	27	61
2015/08/28	09:41	28,5	58
2015/08/28	10:11	36,3	40
2015/08/28	10:41	42,5	31

26	45,9	11:11	2015/08/28
25	47,3	11:41	2015/08/28
25	44,7	12:11	2015/08/28
19	45,9	12:41	2015/08/28
16	47,6	13:11	2015/08/28
24	39,3	13:41	2015/08/28
19	45,4	14:11	2015/08/28
20	44,8	14:41	2015/08/28
23	39,9	15:11	2015/08/28
26	37,3	15:41	2015/08/28
29	35,1	16:11	2015/08/28
31	35,2	16:41	2015/08/28
40	34,4	17:11	2015/08/28
38	33,3	17:41	2015/08/28
36	32,1	18:11	2015/08/28
42	32,2	18:41	2015/08/28
54	29,8	19:11	2015/08/28
99	21,4	19:41	2015/08/28
100	21,7	20:11	2015/08/28
100	21,9	20:41	2015/08/28
100	21,3	21:11	2015/08/28
97	21,6	21:41	2015/08/28
100	21,7	22:11	2015/08/28
94	22	22:41	2015/08/28

2015/08/28	23:11	22,1	92
2015/08/28	23:41	21,9	95

ب -الزر المثبت خلال فصل الشتاء:

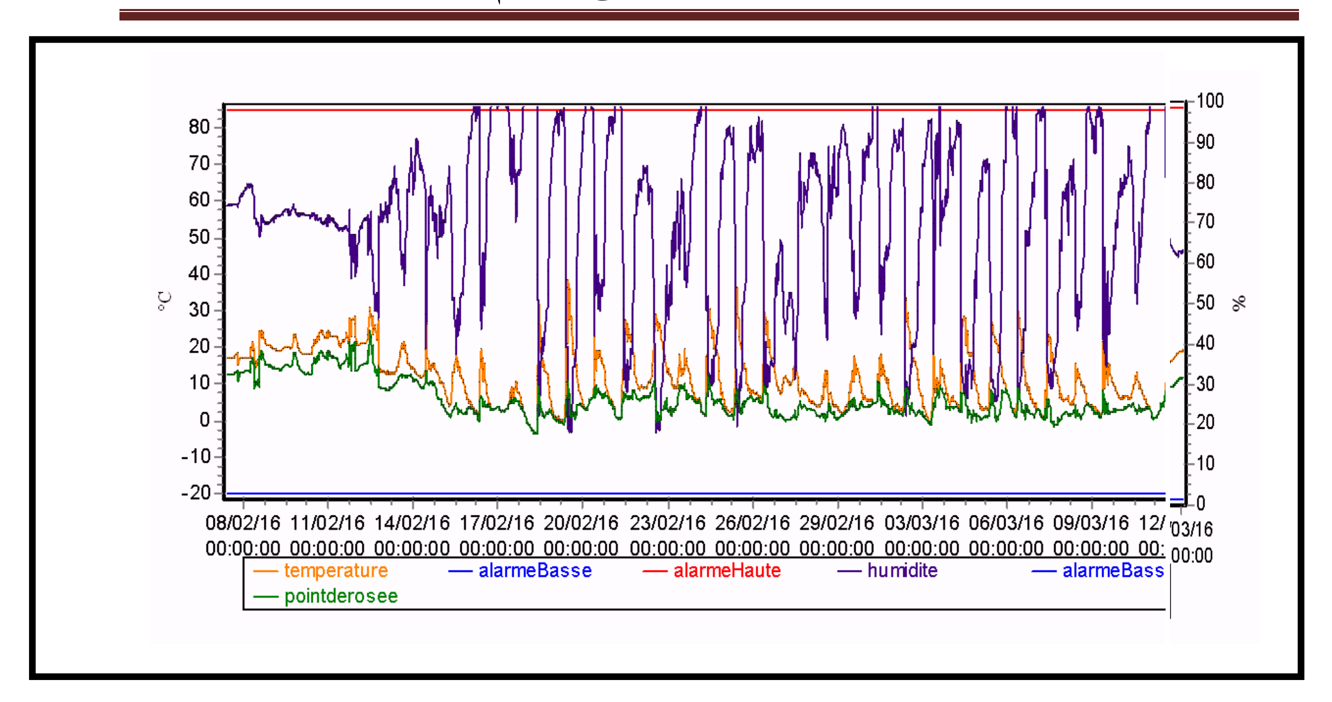
النتائج المتحصل عليها من خلال هذا الزر كانت كالآتي:

- بداية القياس: يوم 12 فيفري 2016م على الساعة 00:29 ليلا
- نهاية القياس: يوم 11 مارس 2016 م على الساعة 23:59 ليلا.
- أعلى درجة حرارة سجلت يوم 22 فيفري 2016م على الساعة 15:59 و تقدر ب 30,3°م.

_ أدنى درجة حرارة سجلت يوم 18 فيفري 2016م على الساعة 08:29 و تقدر ب 4,2°-م.

- معدل درجات الحرارة خلال الشهر: 8,9°م.
- أعلى نسبة رطوبة سجلت تقدر بـ100 %، و قد سجلت في أيام عديدة خلال مدة القياس.
- أدنى نسبة رطوبة سجلت يوم 22 فيفري 2016م على الساعة 16:29 و هي تقدر ب 16%.
- معدل نسبة الرطوبة خلال الشهر في فصل الشتاء يقدر ب 77 %.

و النتائج المحصل عليها ممثلة على شكل منحنيات بيانية في الشكل رقم (60).



شكل رقم(60): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب

و فيما يلي جدول رقم (44) و الذي يمثل درجات الحرارة المسجلة أثناء فترة وضع الزر في فصل الشتاء بضريح الخروب.

جدول رقم (44): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الشتاء في ضريح الخروب.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم(°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2016/02/12	24,6	13,0	29,2	11,6
2016/02/13	16,9	13,3	20,7	11,7
2016/02/14	14,1	8,5	16,4	4,0
2016/02/15	9,6	3,7	12,3	−0,4
2016/02/16	5,3	2,8	9,7	2,3
2016/02/17	6,6	−1,2	9,4	−4,2
2016/02/18	9,1	0,8	15,3	−1,7
2016/02/19	13,2	4,9	23,5	2,4
2016/02/20	14,9	3,1	22,9	−0,3
2016/02/21	15,8	9,5	27,2	8,3
2016/02/22	21,1	12,2	30,4	8,5
2016/02/23	12,6	4,5	15,5	0,6
2016/02/24	14,4	3,8	24,3	1,2
2016/02/25	12,7	6,9	17,6	5,3
2016/02/26	14,4	9,8	21,8	07
2016/02/27	10,4	5,3	17,5	3,7
2016/02/28	6,5	3,3	10,7	2,1
2016/02/29	9,9	5,5	15,4	4,3
2016/03/1	9,5	3,9	12,7	1,5

تابع الجدول رقم (44): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار(°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم (°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم (°م)
2016/03/02	13,2	2,9	18,6	-1,3
2016/03/03	9,7	5,7	16,4	2,8
2016/03/04	15,7	4,7	25,4	2,6
2016/03/05	15,8	5,2	21,1	-0,1
2016/03/06	9,2	2,9	12,8	0,9
2016/03/07	10	5,3	13,7	04
2016/03/08	9,2	2,9	14,5	1,1
2016/03/09	8,2	6,3	11,7	4,8
2016/03/10	8,3	1,6	10,9	0,1
2016/03/11	5,3	4,9	10,7	4,6

أما نتائج قياس الرطوبة فقد لخصناها في الجدول رقم (45)

جدول رقم (45): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2016/02/12	64	78	100	54
2016/02/13	73	86	100	59
2016/02/14	78	74	100	64
2016/02/15	61	93	93	54
2016/02/16	89	100	100	70
2016/02/17	91	99	100	76
2016/02/18	65	97	100	44
2016/02/19	54	95	100	30
2016/02/20	65	98	100	41
2016/02/21	57	81	100	31
2016/02/22	42	56	89	16
2016/02/23	73	96	97	45
2016/02/24	60	91	100	34
2016/02/25	59	95	100	36
2016/02/26	54	57	100	32
2016/02/27	66	85	100	35
2016/02/28	77	88	100	48
2016/02/29	69	92	96	47
2016/03/01	76	91	100	60
2016/03/02	54	87	99	38

تابع الجدول رقم (45): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2016/03/03	83	90	100	63
2016/03/04	50	79	100	25
2016/03/05	45	97	100	28
2016/03/06	67	94	100	48
2016/03/07	55	79	100	36
2016/03/08	67	98	100	44
2016/03/09	70	83	100	54
2016/03/10	76	99	100	57
2016/03/11	99	100	100	78

و فيما يلي جدول رقم (46) يمثل تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد.

جدول رقم (46): تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في اليوم الواحد خلال فصل الشتاء بضريح الخروب.

التاريخ	التوقيت	درجة الحرارة (°)	نسبة الرطوبة(%)
18/02/2016	00:29:01	-1,1	100
18/02/2016	00:59:01	-1,4	100
18/02/2016	01:29:01	-1,6	100
18/02/2016	01:59:01	-1,8	100
18/02/2016	02:29:01	-1,1	100

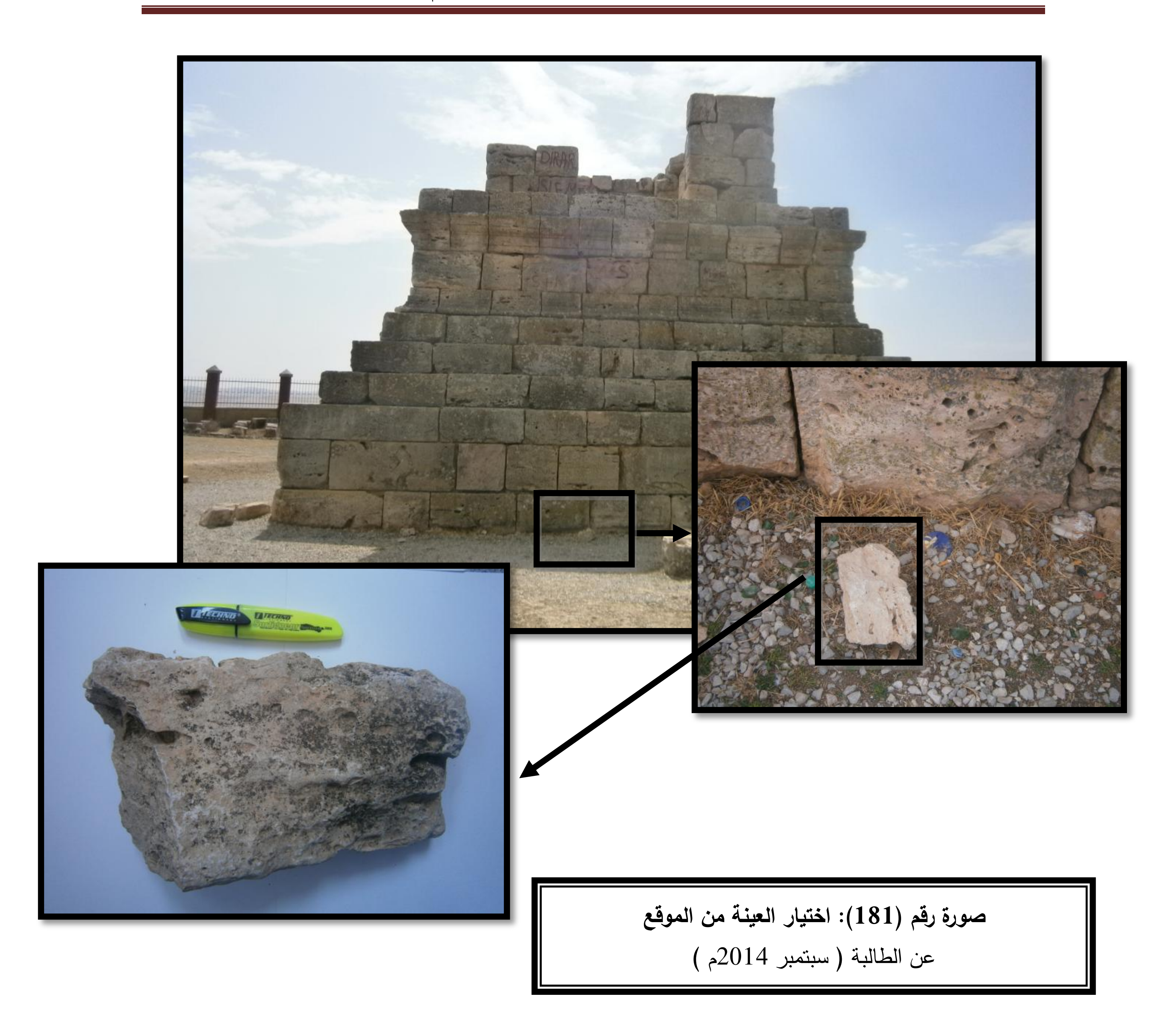
100	−2,3	02:59:01	18/02/2016
100	−2,6	03:29:01	18/02/2016
100	−2,8	03:59:01	18/02/2016
100	−3,2	04:29:01	18/02/2016
100	−3,3	04:59:01	18/02/2016
100	−3,5	05:29:01	18/02/2016
100	−3,3	05:59:01	18/02/2016
100	−4	06:29:01	18/02/2016
100	−4,1	06:59:01	18/02/2016
100	−4	07:29:01	18/02/2016
100	−4,2	07:59:01	18/02/2016
100	−4,2	08:29:01	18/02/2016
100	−2,1	08:59:01	18/02/2016
100	0,3	09:29:01	18/02/2016
100	2,5	09:59:01	18/02/2016
87,6	5,5	10:29:01	18/02/2016
75,3	8	10:59:01	18/02/2016
64,3	9,7	11:29:01	18/02/2016
63,1	9	11:59:01	18/02/2016
58,8	9,7	12:29:01	18/02/2016
59	10	12:59:01	18/02/2016
57,5	10,3	13:29:01	18/02/2016
53,5	11	13:59:01	18/02/2016
51,2	12	14:29:01	18/02/2016
52,4	11,9	14:59:01	18/02/2016

47,9	12,7	15:29:01	18/02/2016
44,3	14,2	15:59:01	18/02/2016
45,8	14,1	16:29:01	18/02/2016
45,1	14,9	16:59:01	18/02/2016
44,4	15,3	17:29:01	18/02/2016
53,2	12,7	17:59:01	18/02/2016
49,4	14,5	18:29:01	18/02/2016
61,5	10,4	18:59:01	18/02/2016
67,2	9	19:29:01	18/02/2016
76,4	7,5	19:59:01	18/02/2016
81,8	6	20:29:01	18/02/2016
85,6	5	20:59:01	18/02/2016
87,6	4	21:29:01	18/02/2016
90,3	3,5	21:59:01	18/02/2016
93,4	2,2	22:29:01	18/02/2016
95,3	1,6	22:59:01	18/02/2016
95,7	1,4	23:29:01	18/02/2016
98,4	0,7	23:59:01	18/02/2016

2-التحاليل المخبرية:

2-1 اختيار العينات من الموقع:

بعد التنقل إلى الموقع تم اختيار عينة من الحجارة المستعملة في بناء تكسية الضريح لدراسة خواص هذه الصخور ، و لقد عثرنا على جزء من حجارة البناء قد سقط في الواجهة الجنوبية كما توضحه الصورة رقم (181).



صورة رقم (181): اختيار العينة من الموقع
عن الطالبة (سبتمبر 2014م)

2 2 التحاليل المخبرية:

لقد تم تقسيم العينة إلى عدة أجزاء لاستعمالها في مختلف التحاليل التي أجريت على مستوى ثلاث مخابر و هي : مخبر السيراميك بجامعة بومرداس، مخبر مركز الدراسات والخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM، و مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM ببومرداس.

2-2-1- الخصائص الفيزيائية للعينات:

لقد تم إجراؤها على مستوى مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM و كذا مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM و النتائج موضحة في الجدول رقم (47)

جدول رقم(47): الخصائص الفيزيائية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح الخروب

الخواص	اسم المخبر	المقاييس les norme	النتائج
الرطوبة الطبيعية	ORGM	NF EN 1097-6 : 1999	% 0,11
إمتصاص الماء	ORGM	NF EN 1097-6 : 2001	% 1,34
الكتلة الخصوصية	ORGM	NF EN 1097-7 : 1999	2,60غ/ سم^3
المسامية	ORGM	NF EN 1097-7 : 1999	% 3,85
الكتلة الحجمية الظاهرة	CETIM	NF EN 1936-MAI 2007	2449,2كغ/م^3
القساوة	CETIM	سلم موهس	5(أباتيت)

2-2-2- الخصائص الكيميائية للعينات

تتمثل الخصائص الكيميائية للحجر في كل من تركيبته الكيميائية و درجة ال PH و قد تم قياسهما في المخابر السابقة الذكر و كانت النتائج كالآتي:

أ -التركيبة الكيميائية للعينة المدروسة:

لقد أجرينا التحليل بـتقنية تفلور الأشعة السينسة (Diffraction des rayons X) وهذا على مستوى مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM ببومرداس، و النتائج التي تحصلنا عليها ممثلة في الجدول رقم (48).

جدول رقم(48): التركيبة الكيميائية للصخور المستعملة في بناء ضريح الخروب

التركيبة الكيميائية	النسبة المئوية %
SiO_2	<0,05
Al_2O_3	0,84
Fe_2O_3	0,22
CaO	53,88
MgO	0,73
Na_2O	0,40
K_2O	<0,05
TiO_2	<0,05
MnO	<0,05
P_2O_5	1,13
PAF	44,16

ب -درجة الحموضة (PH):

تم قياسها على مستوى مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM و كانت النتيجة أن: درجة حموضة حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني تقدر بـ: 8.5.

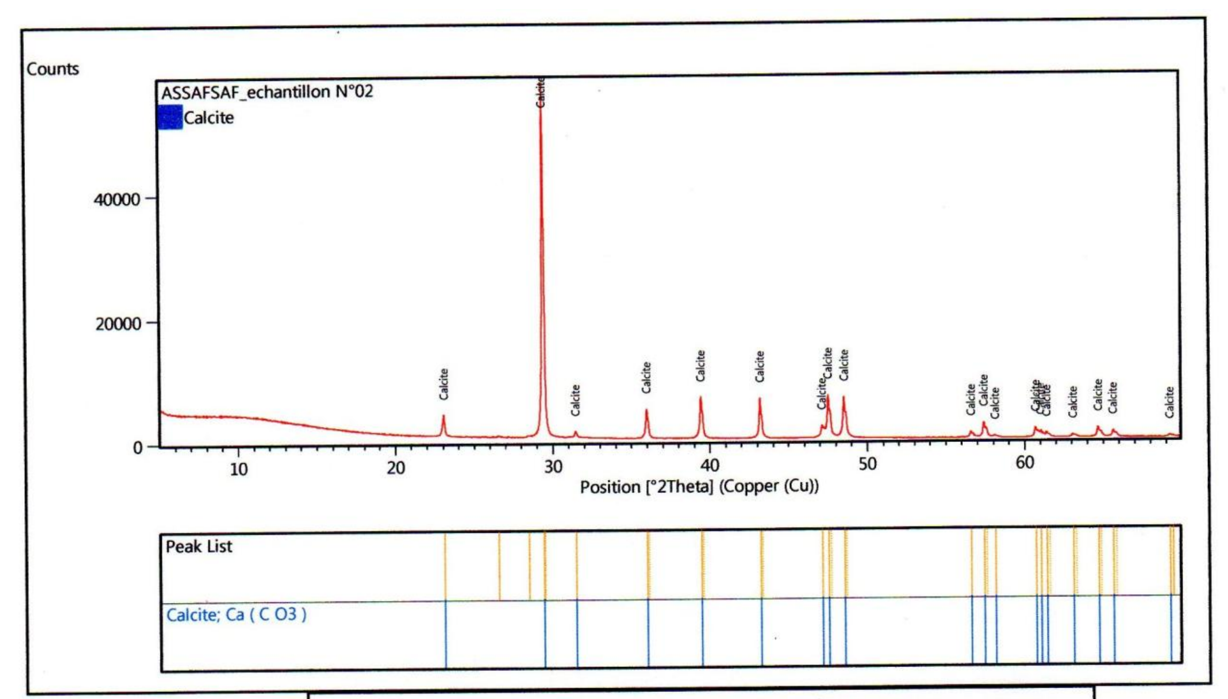
2-2-3- التركيبة المعدنية:

لقد أجرينا التحليل بتقنية حيود الأشعة السينسة (Diffraction des rayons X) و هذا على مستوى مخبر الشركة العمومية الإقتصادية ORGM ببومرداس.

الجهاز المستعمل هو: DIFFRACTOGRAMME XPERT-PRO

البرنامج (LOGICIEL) :DATA COLLECTOR , HIGHT SCORE

النتائج المتحصل عليها ممثلة في الشكل رقم (61).



Diffractogramme aux rayons X de l'échantillon N°02 Constantine

الشكل رقم (61): التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح الخروب .
عن مخبر ORGM

2-2-4- الصدم الحراري:

لقد أجرينا التحليل على مستوى مخبر السيراميك بجامعة بومرداس ، و كانت خطوات العمل كالآتي:

- نضع عينات الحجارة لمدة 15 دقيقة في فرن التجفيف ذو درجة حرارة معينة.
- نخرج هذه العينات من الفرن و نضعها داخل ماء بارد درجته حوالي 5°م.
- نلاحظ ما سيحدث للعينات.
- نرجع العينات إلى الفرن مع رفع درجة الحرارة و نعيد نفس المراحل السابقة و قد تراوحت درجات الحرارة المستعملة بين 60 و 250°م.

- النتائج التي تحصلنا عليها مسجلة في الجدول رقم (49).

جدول رقم (49): نتائج الصدم الحراري

درجة الحرارة	الملاحظات	الصور
60°م	لم يحدث شيء للعينات	
80°م	لم يحدث شيء للعينات	
100°م	لم يحدث شيء للعينات	
120°م	لم يحدث شيء للعينات	
160°م	لم يحدث شيء للعينات	
180°م	تفتت طفيف	
220°م	تفتت طفيف	

250°م	تفتت أجزاء صغيرة من العينة و ظهور تشققات دقيقة	

2-2-5-مقاومة الجليد:

- نقوم بتجفيف ثلاثة أجزاء من العينة في فرن التجفيف درجة حرارته (100 إلى 110°م) حتى نتحصل على كتلة ثابتة نرمز لها ك$_1$.
- نقوم بغمر العينات داخل الماء لمدة 48 ساعة في ماء درجة حرارته (15± 5°م)
- نضع العينات داخل براد الثلاجة لمدة 4 ساعات بحيث تكون درجته(-15± 5°م)
- نخرج العينات من البراد و نضعها من جديد في ماء درجة حرارته (15± 5°م) لمدة 4 ساعات.
- قمنا بإعادة التجربة 25 مرة متتالية.
- بعدها نترك العينات في الهواء الطلق لمدة 24 ساعة، ثم في فرن التجفيف درجة حرارته (105 إلى 110°م) حتى نتحصل على كتلة ثابتة نرمز لها ك$_2$.

النتائج المتحصل عليها ممثلة في الجدول رقم (50)

جدول رقم (50): نتائج قياس الكتل أثناء التجربة

العينات / الكتل	العينة 1	العينة 2	العينة 3
الكتل ك$_1$ (غرام)	51,4	24,4	22,9
الكتل ك$_2$(غرام)	51,2	24,3	22,8

حساب نسبة الكتلة المفقودة:

لدينا: نسبة الكتلة المفقودة = $\frac{ك_1 - ك_2}{ك_1} \times 100\ \%$

حيث: $ك_1$: الكتلة الثابتة عند بداية التجربة(غرام)

$ك_2$: الكتلة الثابتة عند نهاية التجربة(غرام)

بتطبيق العلاقة السابقة نتحصل على النتائج المبينة في الجدول رقم (51).

جدول رقم (51): نتائج قياس نسبة الكتلة المفقودة

العينات	العينة1	العينة 2	العينة 3	المعدل
نسبة الكتلة المفقودة	0,4	0,4	0,4	0,4

3 –تحليل النتائج:

- من خلال نتائج قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع نلاحظ ارتفاع كبير في درجة الحرارة خلال فصل الصيف أين سجلنا 54°م يوم 07 أوت 2015م في حين انخفضت إلى درجات تحت الصفر في أيام كثيرة من فصل الشتاء حيث وصلت إلى 4-°م يوم 18 فيفري 2016م .
- من خلال المنحنيات البيانية لتغيرات الرطوبة و الحرارة خلال الصيف و الشتاء نلاحظ تغير مستمر في هذه العوامل المناخية و هذا ما يسبب في تلف الصخور.
- الرطوبة النسبية معتدلة في فصل الصيف و مرتفعة جدا في فصل الشتاء.
- في أيام كثيرة من فصل الشتاء نجد أن الرطوبة وصلت إلى 100% و يقابلها في نفس الوقت درجات حرارة تحت الصفر فعلى سبيل ال مثال يوم 18 فيفري 2016م سجلنا رطوبة نسبية تقدر ب100% على مدار 12 ساعة من الليل و كانت درجة

الحرارة بين 0 و −4°م في نفس الفترة، و هذا ما يشكل خطر تجمد الماء داخل الشقوق و المسامات وهذا يمكن أن يفسر استعمال حجارة صلبة و قليلة المسامية و الإمتصاص في بناء ضريح الخروب حتى تكون أكثر مقاومة لتجمد الماء.

- اختلاف كبير في نسبة الرطوبة بين الليل و النهار فمثلا يوم 21 فيفري 2016 وصلت نسبة الرطوبة في الليل إلى 100% لتنخفض في النهار حيث سجلنا أدنى قيمة لها على الساعة 16,30 و هي تقدر بـ 30%، ثم تعود و ترتفع في الليل إلى أن وصلت إلى أعلى قيمة لها و قدرت بـ86% على الساعة 05:59 لتنخفض في النهار لنسجل نسبة رطوبة تقدر بـ16% على الساعة 16,59، و نستنتج من هذا أن الجو يتغير من الحالة الرطب إلى المناخ الجاف باستمرار ما يسبب في تسريع عمليات التلف.
- أظهرت التركيبة الكيميائية لعينة من حجارة بناء ضريح الخروب أنها تحتوي على نسبة 53.88% من أكسيد الكالسيوم CaO فهي إذا حجارة جيرية.
- التركيبة المعدنية للعينة تظهر احتوائها على معدن الكالسيت و هذا يدعم نتائج التركيبة الكيميائية.
- حموضة الحجر تساوي 8,5 فالحجارة إذا قاعدية تتأثر بالأحماض التي قد يكو ن مصدرها مياه الأمطار أو إفرازات النباتات و الحيوانات، كما يجب تفادي استعمال الأحماض للتنظيف أو إزالة الكتابات المختلفة المنتشرة على الضريح.
- نسبة امتصاص الماء تقدر ب 1,34% و هي ناتجة عن المسامية المنخفضة للحجر والتي تساوي 3,85%.
- قساوة الحجر تساوي 5 على سلم موهس فالحجارة المستعملة في بناء ضريح الخروب صلبة و يمكن أن تتحمل أنواع عديدة من المواد الكاشطة المستعملة للتنظيف بطريقة النسف الدقيق.

- في تجربة الصدم الحراري يلاحظ بداية التفتت في 180°م و هذا يدل على المقاومة الجيدة للحجر للتغيرات المناخية.
- من خلال تجربة ا لصدم الحراري يلاحظ أن الكتلة المفقودة بعد 25 دورة جليد تقدر ب0,4% و هذا نتيجة لخصوصية الحجارة التي تتميز بالصلابة والمسامية المنخفضة وبالتالي انخفاض نسبة امتصاص الماء.

الخلاصة:

عادة ما تعكس حالة حفظ المبنى الأثري خصائص المادة المستعملة في البناء وكذا الظروف المناخية المحيطة بالمبنى، و من خلال التجارب التي قمنا بها سواء على مدة البناء أو خصوصية المناخ الذي يحيط بالمعلم نستنتج ما يلي:

- الضريح لا يزال يحتفظ بشكله العام إلا أنه يفتقد إلى الطابق العلوي و لا يمكن التنبؤ بالإرتفاع الحقيقي للضريح.
- أغلب الحجارة أرجعت إلى أماكنها خلال الترميمات السابقة، و كذلك الكورنيش ذو العنق المصري لا تزال الحجارة التي تشكله موجودة و في حالة حفظ جيدة.
- من بين أكثر مظاهر التلف وضوحا على الضريح هو تعرج السطح و كثرة الفجوات فيه وفقدان الحجر لشكله.
- تتمتع منطقة الخروب بمناخ حار و جاف في فصل الصيف، و رطوبة نسبية مرتفعة جدا في فصل الشتاء مع انخفاض كبير في درجة الحرارة.
- لقد استعمل في بناء ضريح الخروب حجارة جيرية صلبة ذات مسامية منخفضة وقليلة الإمتصاص.

الفصل الثالث :

الجانب الميداني و التطبيقي لفريق المحاسن

الفصل الثالث: الجانب الميداني و التطبيقي لضريح المدغاسن

تمهيد

أولا: العمل الميداني

1- وصف الضريح

1 - تشخيص مظاهر التلف على الضريح

ثانيا: العمل التطبيقي

1 -قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع

2 -التحاليل المخبرية

3 -تحليل النتائج

الخلاصة

تمهيد:

إن الدراسة الميدانية و المخبرية يمكنها أن تأكد و تثبت المعلومات الواردة في الجانب النظري أو تأتي بمعلومات إضافية تلغي ما سبق، فحالة حفظ ضريح المدغاسن و مختلف مظاهر التلف التي نلاحظها على حجارة البناء ما هي إلا نتيجة تفاعل بين خصائص الصخر من مسامية و تركيبة كيميائية و قساوة و غيرها من الخواص الداخلية للحجر مع الخصائص الطبيعية للمنطقة و بهذا يمكن القول أن حالة الحفظ السيئة لضريح المدغاسن مرتبطة أساسا بعاملين أساسيين طبيعة الحجر و الظروف المناخية المحيطة بالأثر.

و على هذا الأساس قسمنا هذا الفصل إلى جزئين أساس يين، الأول يتعلق بالعمل الميداني حيث وقفنا على حالة حفظ الضريح و مظاهر التلف عليه، و الثاني يشمل العمل التطبيقي أين ثبتنا أجهزة خاصة لقياس كل من تغيرات الحرارة و الرطوبة في الموقع خلال شهر من فصل الشتاء و شهر من فصل الصيف، و أخيرا أجرينا بعض التحاليل المخبوية للتعرف على خصائص مادة البناء و مدى تفاعلها مع العوامل الخارجية، و هذا على مستوى مخبر السيراميك بجامعة بومرداس و مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM.

أولا: العمل الميداني:

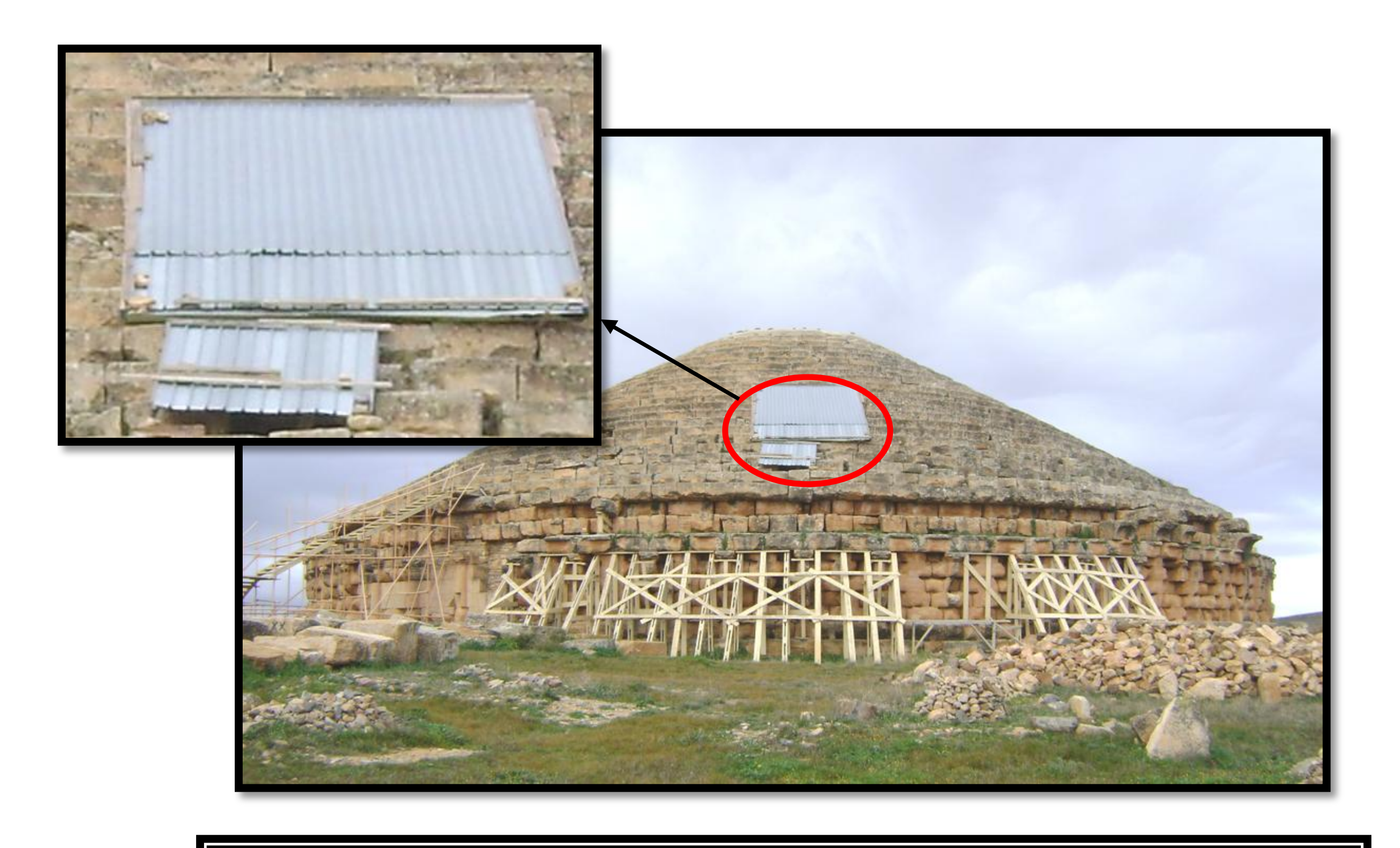
1-وصف الضريح:

يتكون الضريح من الخارج من أربعة واجهات : الواجهة الشرقية، الشمالية، الغربية والواجهة الجنوبية.

1 1 الواجهة الشرقية:

ما يميز هذه الواجهة و الموضحة في الصور رقم (182، 183) هو وجود آثار للمبنى الأمامي فيها و الموجود على مستوى القاعدة، بالإضافة إلى المدخل الحقيقي الذي نجذه على مستوى الدرج الثالث والرابع في الهرم المدرج، و هذا الباب مهدم حاليا و كذلك الرواق الذي يليه و الذي يؤدي إلى الغرفة الجنائزية وقد تم تغطيته خلال ترميمات 2006 / 2007م، بصفائح معدنية لتجنب دخول مياه الأمطار إلى الداخل، و حتى يتجنبوا تساقط حجارة أخرى من الضريح تم تدعيم الرواق الداخلي بأعمدة خشبية و التي استعملت أيضا لتدعيم الجزء الأسطواني حتى تتماسك أكثر الحجارة المكونة للكورنيش ذو العنق المصري.

و نلاحظ أيضا في هذه الواجهة تهدم على مستوى الهرم المدرج والناتج عن فقدان بعض الحجارة كما هو موضح في الصور ، ما جعل هذه الأماكن عرضة لنمو النباتات ، أما الجزء الأسطواني فنلاحظ تآكل حجارته نتيجة عوامل الطبيعة و كذا فعل الإنسان عبر مختلف العصور عند القيام بنزع جنادل الرصاص.



صورة رقم (182): الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن مع توضيح تغطية المدخل الحقيقي

عن الطالبة (2009 م)

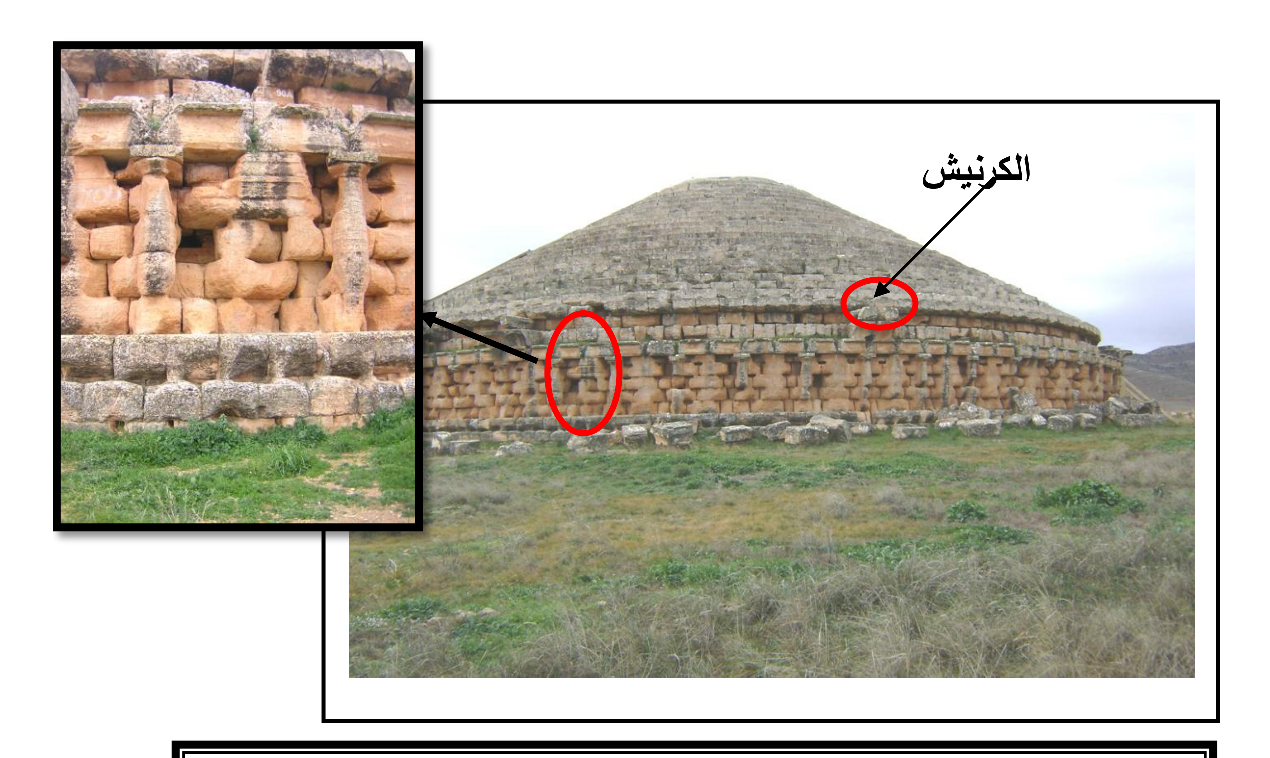


صورة رقم (183): الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2016م)

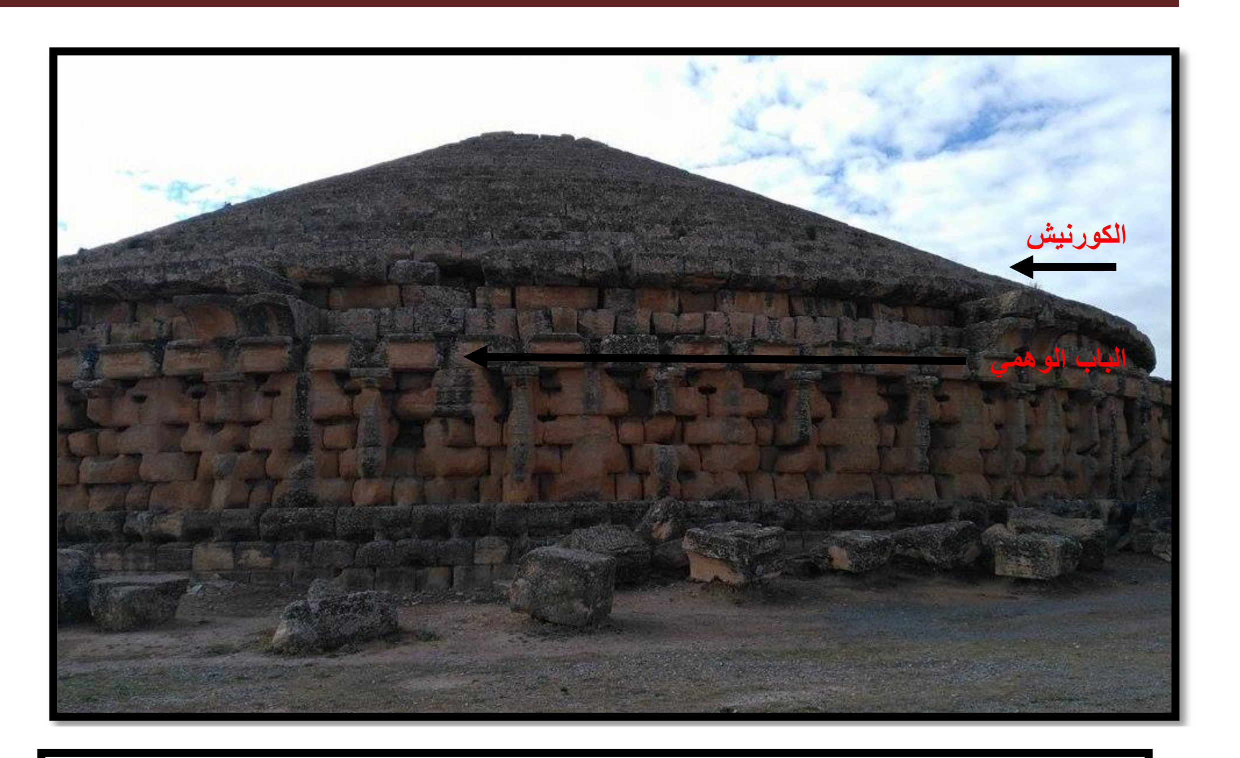
1 2 الواجهة الجنوبية:

نجد أن حالة حفظ هذه الواجهة جيدة كما توضحه الصور رقم (184، 185)، إذ أن أغلب حجارتها موجودة، و الشيء الذي يميزها عن باقي الواجهات هو وجود أثار تدل على وجود باب وهمي ، و كذلك وجود الكورنيش ذو العنق المصري ، ونجد في الباب الأول صورة تبين هذا الكور نيش، الأعمدة تقريبا كلها موجودة ، و مازال ت محتفظة بتفاصيل شكلها الأصلي وهي من الطراز الدوري، الجزء الأسطواني من هذه الجهة أيضا لم يسلم من التخريب فنلاحظ وجو د تجاويف وفراغات مابين الحجارة ، و التي أحدثها السكان لغرض نزع الرصاص الذي استعمل لشد الحجارة مع بعضها البعض.



صورة رقم (184): تمثل الواجهة الشمالية لضريح المدغاسن مع توضيح الباب الوهمي الأول

عن الطالبة (2009م)



صورة رقم (185): الواجهة الشمالية لضريح المدغاسن

عن الطالبة (2016م)

1 3 الواجهة الغربية:

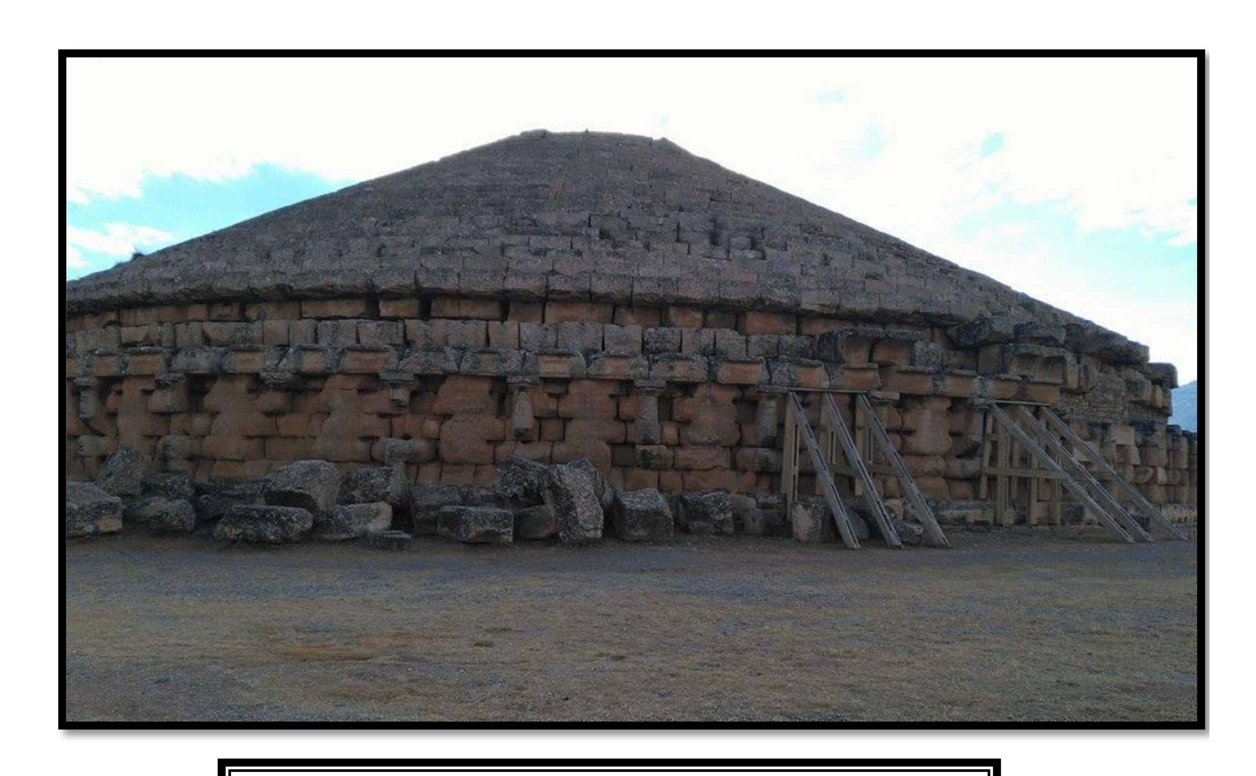
هذه الواجهة في حالة حفظ متوسطة كما توضحه الصور رقم (186، 187)، ما يميزها عن باقي الواجهات هو وجود آثار تدل على وجود باب وهمي ثاني من ناحية الجنوب الغربي و هو في حالة حفظ لا بأس بها.

كما نلاحظ في هذه الواجهة فقدان عدد معتبر من الحجارة خاصة على مستوى الكورنيش و المدماك الذي يعلوه، و تظهر جليا الترميمات الإيطالية سواء فيما يخص الجدار الداخلي أو الخارجي، كما تم تدعيم بعض الأجزاء من الجزء الأسطواني بواسطة أعمدة خشبية، في حين باقي حجارة الهرم المدرج سليمة ماعدا وجود بعض التشققات، أما الجزء الأسطواني فحجارته قد فقدت الشكل الأصلي بحيث تآكلت و فقدت الالتحام مع بعضها البعض.



صورة رقم (186): الواجهة الغربية لضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2008م)



صورة رقم (187): الواجهة الغربية لضريح إمدغاسن

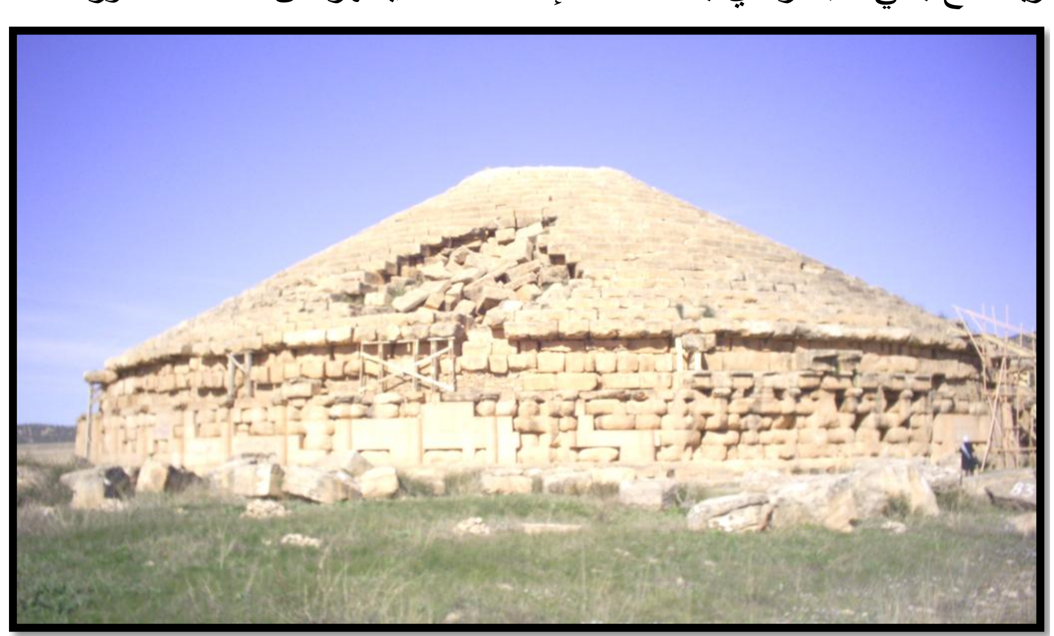
عن الطالبة (2016م)

1 4 الواجهة الشمالية:

حالة حفظ هذه الواجهة سيئة كما توضحه الصور رقم (188، 189)، إذ هناك عدد كبير من الحجارة المفقودة بالنسبة للجدارين الداخلي و الخارجي في كل أجزاء الضريح، كما لاحظنا تهدم ملحوظ على مستوي الهرم المدرج.

ما يميز هذا الجزء هو وجود أثار تدل على وجود الباب الوهمي الثالث والأخير، وهو في حالة حفظ سيئة جدا مقارنة بسابقيه، و قد شملت الترميمات الإيطالية أجزاء كبيرة من هذه الواجهة، بحيث تم إعادة بناء الجدار الداخلي ولتثبيت الحجارة جيد ا قاموا بوضح سياج من حديد حولها ، أما الجدار الخارجي فقد تم تعويض الحجارة المفقودة بأخرى أنشأت بمونة الإسمنت، والتي شوهت كثيرا منظر السطح، و قد تم الكتابة عليها و هذا بالكشط قبل جفاف الإسمنت، إضافة إلى الكتابات الأخرى باستعمال الأصبغة المختلفة.

وقد تم تدعيم بعض الأجزاء باستعمال أعمدة خشبية لمنع تساقط الحجارة، أما عن الجزء الأسطواني فأغلب الأعمدة المتواجدة فيه غير كاملة و تم ترميم أجزاء منها بنفس الطريقة مع باقي الجدار أي باستعمال الإسمنت كما يظهر من خلال الصور.



صورة رقم (188): الواجهة الجنوبية لضريح إمدغاسن

عن الطالبة (2008م)



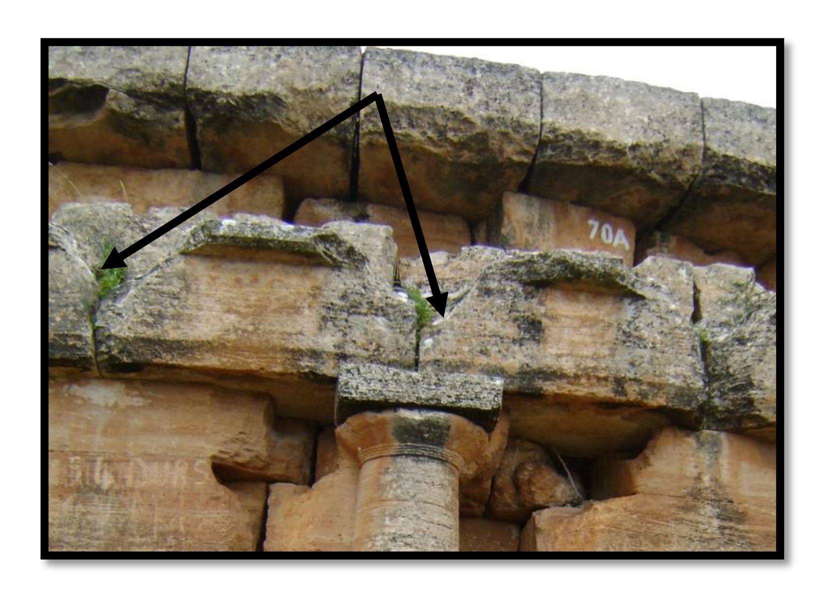
صورة رقم (189): الواجهة الجنوبية لضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2016م)

2- تشخيص مظاهر التلف على الضريح:

يعتبر ضريح إمدغاسن من بين الآ ثار المصنفة على المستوى الوطني ، و بالرغم من ذلك فلم يجد بعد العناية اللازمة به من أجل صموده أكثر عبر الزمن ، و من أهم مظاهر التلف التي تظهر واضحة على الضريح نجد:

2 1 نمو النباتات:

نلاحظ تكاثر النباتات على الضريح كما توضحه الصورة رقم (190)، و تكثر هذه النباتات في فصل الشتاء نظرا لتوفر المياه، وبالنسبة للشجيرات الصغيرة التي تنموا، يقوم الحارس دوما بقطعها حتى لا تؤثر سلبا على الضريح و هذا ما ساهم في الحفاظ على ترابط عناصر المبنى.



صورة رقم (190): النباتات في ضريح المدغاسن
عن الطالبة (2016م)

2 2 الطحالب و الأشنات:

تنتشر كل من الطحالب و الأشنات على الكثير من حجارة المبنى خاصة الأجزاء المعرضة للرطوبة كالهرم المدرج، كما توضحه الصور رقم (191، 192)، بحيث تظهر في شكل بقع أو قشرة ، وتكون إما خضراء اللون أو صفرا ء أو بيضاء وهذا حسب نوع الأشنات، بحيث تعمل هذه النباتات على حجب السطح الخ ارجي للحجارة و تشوه الجانب الفني للضريح، ونجد هذه الطحالب خاصة في الفراغات مابين الحجارة، أين يوجد الظل و الرطوبة بحيث تتجمع هناك المياه.



صورة رقم (191): انتشار الأشنات في ضريح المدغاسن
عن الطالبة (2016م)



صورة رقم (192): انتشار الطحالب في ضريح المدغاسن
عن الطالبة (2016م)

2 3 تشقق الحجارة:

نلاحظ تشقق بعض حجارة الضريح و هذا ما تبينه الصورة رقم (193)، هذه التشققات مختلفة من حيث الشكل و الحجم و هي ناتجة عن عوامل التلف المختلفة كالتغير في درجات الحرارة بين الليل و النهار، إضافة إلى الهزات الأرضية وكذلك ضغط الحجارة الجديدة المستعملة في الترميم و غيرها من العوامل.



صورة رقم (193): التشققات الأفقية في ضريح المدغاسن
عن الطالبة (2016م)

2 4 تآكل الحجار:

تتآكل الأحجار و يتغير شكلها، و ينقص حجمها ، نتيجة الفعل الميكانيكي للأمطار وكذا الرياح ، بحيث تعمل هذه الأخيرة على نحر الحجارة بفعل تصادم الغبار والرمال التي تحملها مع سطح الحجارة ،و بتكرار العملية تفقد ا لحجارة شيئا فشيئا أجزاء منها، والصورة رقم (194) تقدم لنا نموذج عن هذه الحجارة المتآكلة، و التي صار سطحها يتفتت بسهولة.



صورة رقم (194): تآكل الحجارة

عن الطالبة (2016م)

2 5 تخشن السطح:

إن أغلب الحجارة التي بني بها الضريح قد فقدت سطحها الأصل نتيجة الظروف الجوية المختلفة كالأمطار و كذا الرياح التي تحمل معها الغبار و غيرها من العوامل التي تسبب في تخشن السطح كما توضحه الصورة رقم (195).



صورة رقم (195): تخشن السطح في ضريح المدغاسن

عن الطالبة (2016م)

2 6 الترميم الخاطئ:

يتجلى الترميم الخاطئ في ضريح المدغاسن في استعمال مونة الإسمنت في الترميم وهذا لغرض تعويض بعض الحجارة المفقودة بأخرى أنشأت باستعمال الإسمنت كما توضحه الصورة رقم (196).



صورة رقم (196): استعمال الإسمنت في الترميم في ضريح المدغاسن

عن الطالبة (2016م)

2 7 الكتابة على الحجارة:

هي من بين الأسباب التي تؤدي إلى فقدان القيمة الجمالية للأثر ، وتكون هذه الكتابات إما بالخدش على الحجارة الأصلية للضريح كما توضحه الصورة رقم (197) أو باستعمال مختلف الأصبغة كما توضحه الصورة رقم (198).

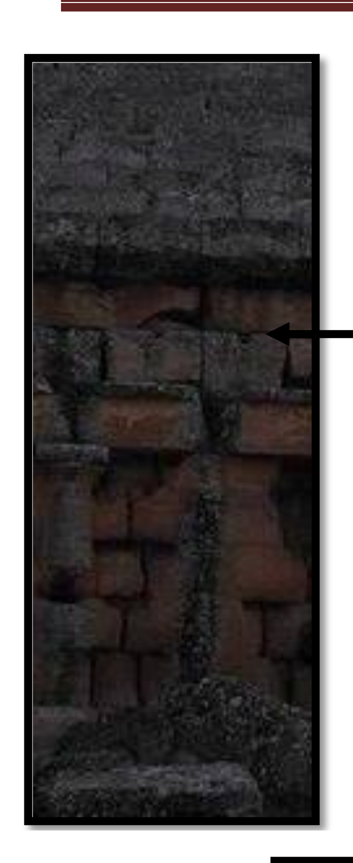


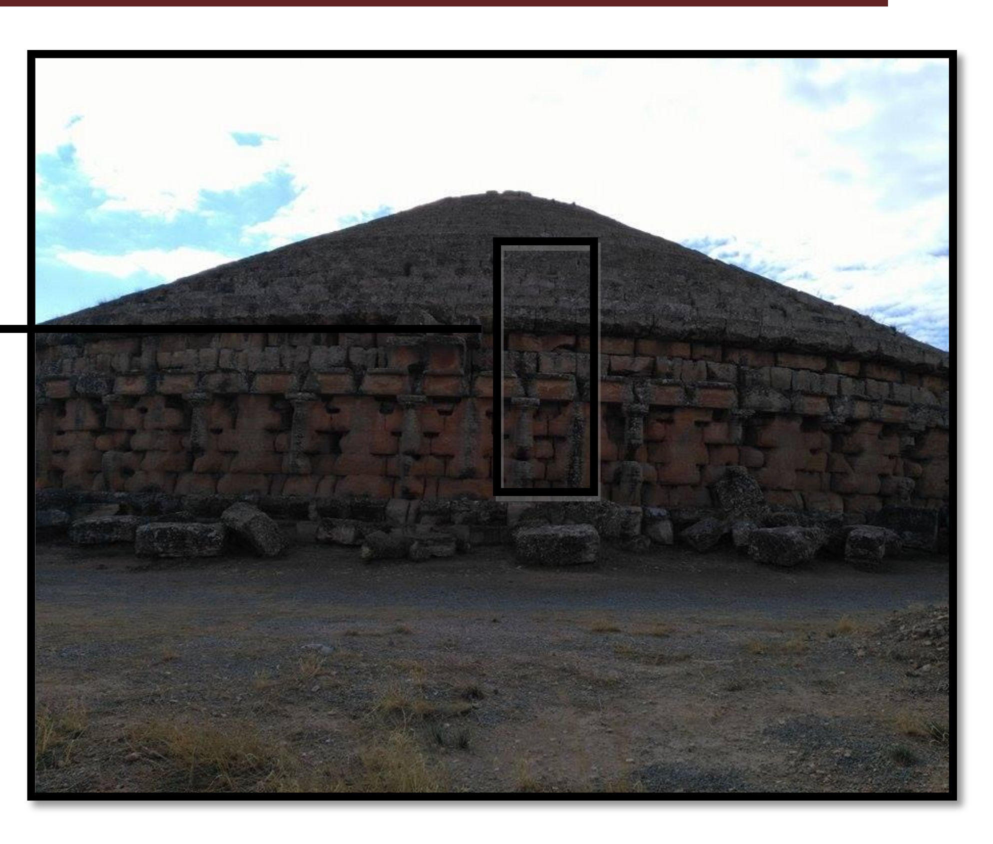
صورة رقم (197): الخدش على الحجارة في ضريح المدغاسن
عن الطالبة (2016م)

صورة رقم (198): الكتابة باستعمال الأصبغة على ضريح إمدغاسن
عن الطالبة (2016م)

2 8 تغير اللون:

خلال تجوالنا بالموقع لفت انتباهنا تغير لون ال حجر إلى الأسود أو الأخضر القاتم، خاصة في المناطق التي تكون عرضة لمياه الأمطار كما توضحه الصورة رقم (199) و قد تتسبب الغازات الموجودة في الجو نتيج ة دخان المركبات في اسوداد اللون ، إذ أن الموقع يقع بالقرب من الطريق.





صورة رقم (199): تغير اللون في ضريح المدغاسن

عن الطالبة (2016م)

ثانيا: العمل التطبيقي:

1- قياس درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع:

لقد تم تثبيت أزرار الرطوبة و الحرارة في الموقع، بعد برمجتها لقياس كل من نسبة الرطوبة و درجة الحرارة في فترة معينة ، و قد قمنا بهذه التجر بة خلال فصلين مختلفين (الشتاء والصيف)، واخترنا شهر في كل فصل بحيث يسجل قياس في كل نصف ساعة.

1 1 تثبيت أجهزة القياس بالموقع:

المرحلة الأولى: تتمثل في برمجة أزرار الرطوبة في جهاز الكمبيوتر بحيث نحدد:

- الوقت الذي تبدأ فيه القياسات و الذي حددناهب 5 أيام بعد البرمجة، حتى يتسنى لنا الوقت للإنتقال إلى الموقع و تثبيت هذه الأزرار.
- الوقت الذي تتوقف فيه القياسات و الذي حددناه بـ 30 يوم.

- تحديد دقة القياس و قد اخترنا أدقها و تقدر بـ 0.1.
- تحديد الزمن بين قياس و آخر، و كان بتسجيل قياس في كل 30 دقيقة خلال شهر.

المرحلة الثانية: تتمثل في تثبيت الأزرار في الموقع و نلخصها في ما يلي:

– تثبيت الزر على الحامل باستعمال شريط لاصق من الورق ، مع تسجيل رقم الزر على الشريط.

– باستعمال بوصلة حددنا الإتجاهات الأربعة بالتدقيق و اخترنا الواجهة الغربية لتثبيت جهاز القياس فيها.

– تثبيت الأزرار، و لأننا أردنا قياس تغيرات المناخ الخارجي، فقد وجهنا الجزء الحساس من الأزرار نحو الخارج، و لسهولة تثبيتها اخترنا حجارة فيها شقوق حتى يسهل علينا إدخال البراغي كما هو موضح في الصورة رقم (200).



صورة رقم (200): تثبيت أزرار الرطوبة والحرارة على حجارة الضريح
عن الطالبة (2009م)

1 2 النتائج المتحصل عليها:

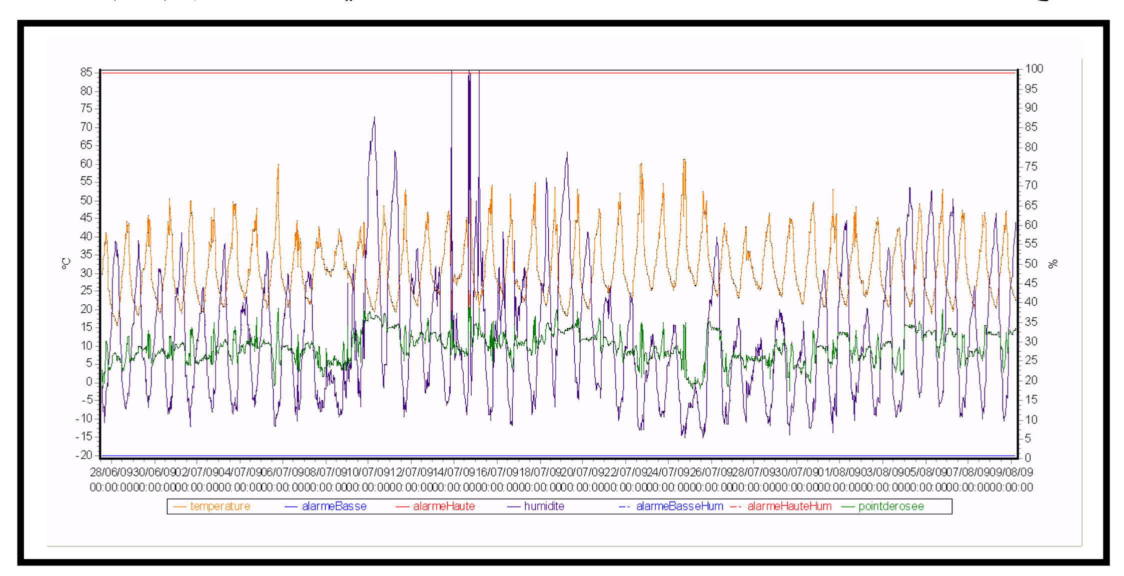
أ -الزر المثبت خلال فصل الصيف:

النتائج المتحصل عليها من خلال هذا الزر كانت كالآتي:

- بداية القياس: يوم 1 جويلية 2009م على الساعة 00:00 ليلا
- نهاية القياس: يوم 31 جويلية 2009 م على الساعة 00:00 ليلا.
- أعلى درجة حرارة سجلت يوم 24 جويلية 2009م على الساعة 17:30 و تقدر بـ61,4°م.
- أدنى درجة حرارة سجلت يوم 18 جويلة 2009م على الساعة و هي تقدر بـ18,2°م
- معدل درجات الحرارة: 31,9°م.

- أعلى نسبة رطوبة سجلت يوم 13 جويلية 2009م على الساعة 21:02 و هي تقدر بـ100%.
- أدنى نسبة رطوبة سجلت يوم 24 جويلية 2009م على الساعة 18:32 و هي تقدر بـ5.3%، و نلاحظ أنها توافق اليوم الذي سجلنا فيه أعلى درجة حرارة.
- معدل نسبة الرطوبة: 28.6 %.

و النتائج المحصل عليها ممثلة على شكل منحنيات بيانية في الشكل رقم (62).



شكل رقم(62): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الصيف في منطقة إمدغاسن

و فيما يلي جدول رقم (52) و الذي يمثل درجات الحرارة المسجلة أثناء فترة وضع الزر في ضريح إمدغاسن.

جدول رقم (52) : ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الصيف في ضريح إمدغاسن.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال النهار(°م)	أدنى درجة حرارة خلال الليل (°م)
2009/07/01	35	24	49,8	19,4
2009/07/02	33	26	47,9	20,7
2009/07/03	38	27	49,6	22,8
2009/07/04	37	25	44,8	20,6
2009/07/05	38	26	59,9	20,7
2009/07/06	35	25	44,6	21,8
2009/07/07	35	31	41,9	29
2009/07/08	36	29	42,3	25,2
2009/07/09	36	22	42,7	19,4
2009/07/10	35	23	48,6	19,5
2009/07/11	35	24	52,9	21,1
2009/07/12	36	27	46,9	24,3
2009/07/13	38	28	45,8	19,6
2009/07/14	36	24	50,5	20,2
2009/07/15	39	27	54,3	22,5
2009/07/16	36	25	51,6	22,1
2009/07/17	38	26	54,7	21
2009/07/18	35	20	53,7	18,2
2009/07/19	35	24	51,5	20,2

تابع الجدول رقم (52): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح إمدغاسن.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال النهار (°م)	أدنى درجة حرارة خلال الليل (°م)
2009/07/20	37	27	47,6	23,7
2009/07/21	39	26	51,9	22,1
2009/07/22	43	29	60,1	25,4
2009/07/23	41	29	54,4	25,4
2009/07/24	44	30	61,4	26,4
2009/07/25	41	28	52,5	23,6
2009/07/26	36	27	43,7	23,2
2009/07/27	35	28	42,8	25,4
2009/07/28	38	27	46,5	23,6
2009/07/29	38	25	44,9	23,6
2009/07/30	38	25	49,3	20,7
2009/07/31	37	25	46,2	21

أما نتائج قياس الرطوبة فقد لخصناها في الجدول رقم (53).

جدول رقم (53): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح إمدغاسن.

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2009/07/01	20	33	44	8
2009/07/02	19	40	55	11
2009/07/03	19	32	41	11
2009/07/04	22	39	53	13
2009/07/05	18	35	47	8
2009/07/06	19	38	48	11
2009/07/07	19	19	28	11
2009/07/08	15	27	50	10
2009/07/09	26	74	86	13
2009/07/10	40	61	79	18
2009/07/11	27	43	53	12
2009/07/12	26	41	49	16
2009/07/13	20	34	100	13
2009/07/14	30	52	100	11
2009/07/15	20	37	58	10
2009/07/16	22	40	48	8
2009/07/17	20	43	72	11
2009/07/18	33	66	78	13
2009/07/19	34	47	58	15
2009/07/20	25	36	44	15

تابع الجدول رقم (53): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح إمدغاسن.

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2009/07/21	19	31	41	9
2009/07/22	14	24	32	7
2009/07/23	15	28	34	10
2009/07/24	13	14	19	5
2009/07/25	10	46	56	5
2009/07/26	21	28	36	8
2009/07/27	16	25	30	9
2009/07/28	14	32	38	8
2009/07/29	17	24	35	6
2009/07/30	13	38	48	7
2009/07/31	18	47	61	6

ب -الزر المثبت خلال فصل الشتاء:

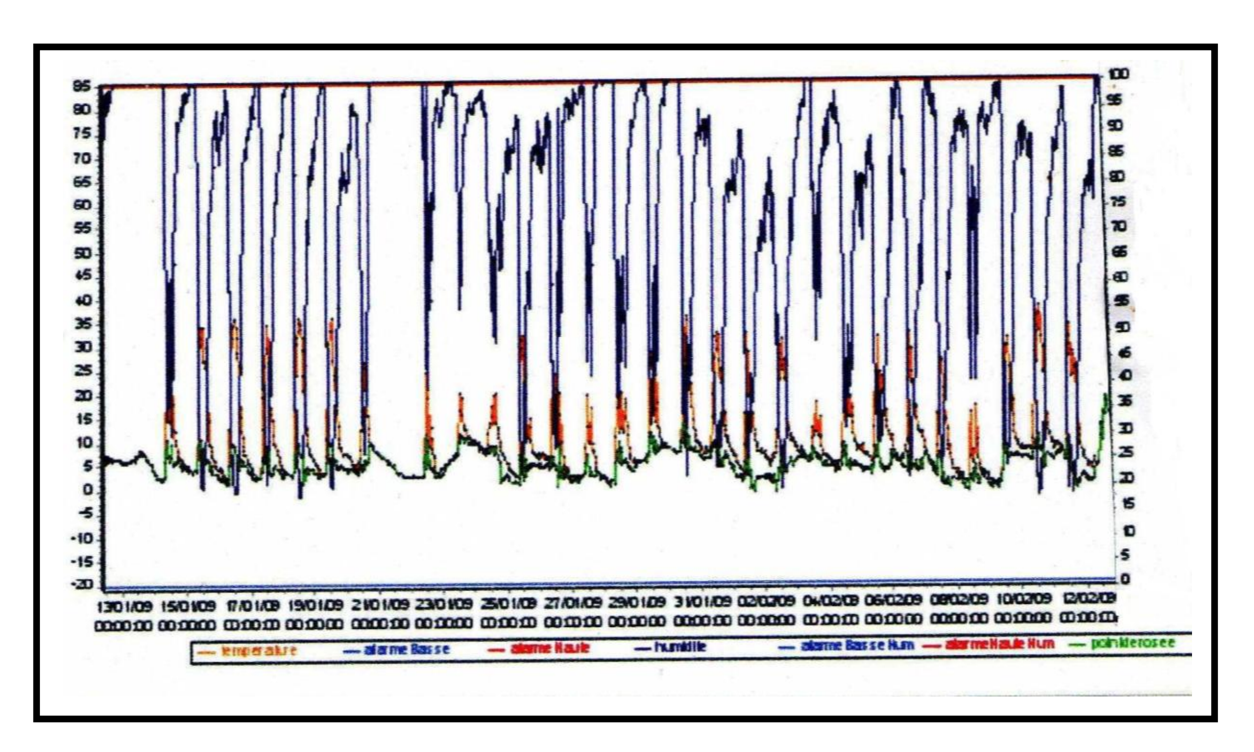
ثبتناه في الواجهة الشرقية ، على مستوى الدرج العاشر ابت داءا من قمة الضريح، والملاحظ أن هذه الجهة سيئة الحفظ ، إذ هناك انهيارات ملحوظة سواء على مستوى الهرم المدرج أو الجزء الأسطواني، بالإضافة إلى تشقق الحجارة و تكسره.

النتائج المتحصل عليها من خلال هذا الزر كانت كالآتي:

- بداية القياس: يوم 13/ 01 / 2009 على الساعة 00:11 صباحا.
- نهاية القياس: يوم 12 / 02 / 2009 على الساعة 23:41 صباحا.

- أقصى نسبة رطوبة تقدر بـ 100 % و قد سجلت في أيام كثيرة.
- أدنى نسبة رطوبة تقدر بـ 17,6 % و قد سجلت يوم 2009/02/10 على الساعة 13:11 ظهرا.
- درجة الحرارة القصوى قدرت بـ 37,7°م و قد سجلت يوم 2009/02/10 على الساعة 12:11 ظهرا.
- درجة الحرارة الدنيى قدرت بـ 0°م و قد سجلت يوم 2009/02/09 على الساعة 06:11 صباحا.

و فيما يلي الشكل رقم (63) و هو يمثل منحنى بياني يظهر تغيرات درجة الحرارة و نسبة الرطوبة خلال هذه التجربة.



شكل رقم(63): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال شهر من فصل الشتاء في الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن

و فيما يلي جدول رقم (54) يمثل درجات الحرارة المسجلة أثناء فترة وضع الزر في ضريح إمدغاسن.

جدول رقم (54): ملخص لدرجات الحرارة لمدة شهر من فصل الشتاء في ضريح إمدغاسن.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال النهار (°م)	أدنى درجة حرارة خلال الليل (°م)
2009/01/13	7,9	3,5	8,4	2
2009/01/14	14,1	4,7	28,6	3,6
2009/01/15	20,5	9,9	34,6	1,9
2009/01/16	22,4	4	36,3	2,5
2009/01/17	17,9	4,1	37,7	3
2009/01/18	20,8	5,1	35,9	3,2
2009/01/19	19,9	6,1	35,8	4,2
2009/01/20	13,6	6,7	26,8	5,4
2009/01/21	3,7	2,6	5,4	2,4
2009/01/22	8,5	5,1	24,6	3,2
2009/01/23	12	9,2	20,3	7,7
2009/01/24	12,4	4	19,9	2,3
2009/01/25	15,3	6,7	32,1	5,4
2009/01/26	12,3	2,6	23,8	1,8
2009/01/27	8	1,9	19,5	0,6
2009/01/28	15,2	5,6	26,4	5
2009/01/29	16,1	7,9	28,5	7,3
2009/01/30	19,9	8,4	35,9	7,1

تابع الجدول رقم (54): ملخص لدرجات الحرارة خلال الشتاء في ضريح إمدغاسن.

درجات الحرارة / الأيام	معدل الحرارة خلال النهار (°م)	معدل الحرارة خلال الليل (°م)	أعلى درجة حرارة خلال اليوم(°م)	أدنى درجة حرارة خلال اليوم(°م)
2009/01/31	21,4	6,2	32,5	3,7
2009/02/01	14,7	6,4	32,4	5,1
2009/02/02	18,6	7,6	31,3	5,5
2009/02/03	9,7	5,4	17,6	4
2009/02/04	15,3	7	25,5	5
2009/02/05	19	7,2	31,7	5,2
2009/02/06	16,7	6,4	32,5	3,4
2009/02/07	14,1	2,1	26,8	0,7
2009/02/08	6,7	1,1	17,1	00
2009/02/09	19,4	8	31,1	7,3
2009/02/10	24,5	8,3	37,7	6,1
2009/02/11	20,2	4,9	33,8	3,6

أما نتائج قياس الرطوبة فقد لخصناها في الجدول رقم (55).

جدول رقم(55): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة لمدة شهر من فصل الشتاء في ضريح إمدغاسن.

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2009/01/13	100	99	100	99
2009/01/14	64	97	100	33
2009/01/15	46	90	100	20
2009/01/16	41	93	100	19
2009/01/17	47	93	100	20
2009/01/18	44	90	100	18
2009/01/19	44	86	95.5	19
2009/01/20	66	100	100	26
2009/01/21	100	100	100	100
2009/01/22	78	96	99	96
2009/01/23	85	95	96	55
2009/01/24	68	84	93	48
2009/01/25	54	87	93	21
2009/01/26	61	95	98	27
2009/01/27	77	99	100	41
2009/01/28	58	96	100	35
2009/01/29	65	99	100	32
2009/01/30	56	89	100	22
2009/01/31	44	82	89	23
2009/02/01	47	72	84	21
2009/02/02	42	89	100	19

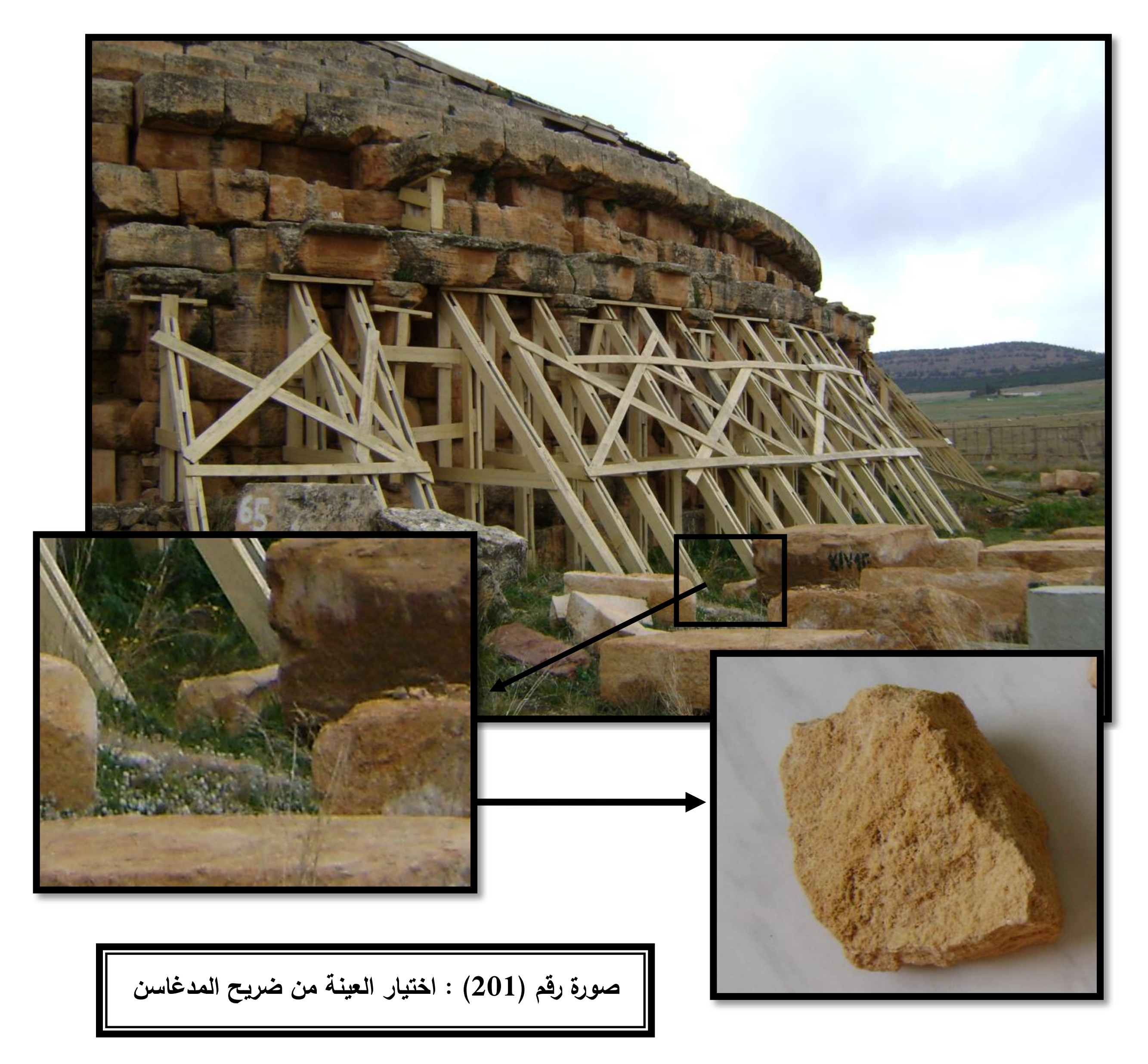
تابع الجدول رقم (55): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة لمدة شهر من فصل الشتاء في ضريح إمدغاسن.

نسبة الرطوبة / الأيام	معدل الرطوبة خلال النهار (%)	معدل الرطوبة خلال الليل (%)	أعلى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)	أدنى نسبة رطوبة خلال اليوم(%)
2009/02/03	79	91	100	48
2009/02/04	54	80	88	31
2009/02/05	42	88	99	28
2009/02/06	48	90	100	21
2009/02/07	49	89	93	20
2009/02/08	73	94	98	40
2009/02/09	48	86	90	23
2009/02/10	37	87	97	17
2009/02/11	36	81	100	18

2 - التحاليل المخبرية:

2 1 اختيار العينات من الموقع

بعد التنقل إلى الموقع اخترنا عينة من الحجارة المستعملة في البناء بحيث عثرنا على جزء متساقط من الحجارة في الواجهة الشمالية كما توضحه الصورة رقم (201) واستعملناه في التحاليل المخبرية.



صورة رقم (201) : اختيار العينة من ضريح المدغاسن

2 2 نتائج التحاليل المخبرية:

لقد تم تقسيم العينة إلى عدة أجزاء لاستعمالها في مختلف التحاليل التي أجريت على مستوى مخبرين و هما : مخبر السيراميك بجامعة بومرداس و مخبر مركز الدراسات والخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM ببومرداس.

2-2-1- الخصائص الفيزيائية للعينات:

لقد تم إجراؤها على مستوى مخبر السيراميك بجامعة بومرداس و كذا مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء والنتائج التي تحصلنا عليها مسجلة في الجدول رقم (56).

جدول رقم(56): الخصائص الفيزيائية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح المدغاسن

الخواص	اسم المخبر	النتائج
الرطوبة الطبيعية	مخبر السيراميك بجامعة بومرداس	% 0,11
إمتصاص الماء	مخبر السيراميك بجامعة بومرداس	%20,67
الكتلة الخصوصية	مخبر السيراميك بجامعة بومرداس	1,94 غ/ سم^3
المسامية	مخبر السيراميك بجامعة بومرداس	% 35,33
الكتلة الحجمية الظاهرة	CETIM	1,71 غ/ سم^3
القساوة	CETIM	2 حسب سلم موهس

2-2-2- الخصائص الكيميائية للعينات:

تتمثل الخصائص الكيميائية للحجر في كل من تركيبته الكيميائية و درجة ال PH و قد تم قياسهما في المخابر السابقة الذكر.

أ -التركيبة الكيميائية للعينة المدروسة:

لقد أجرينا التحليل على مستوى مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM ببومرداس، و النتائج التي تحصلنا عليها ممثلة في الجدول رقم (57).

جدول رقم(57): التركيبة الكيميائية للصخور المستعملة في بناء ضريح المدغاسن

التركيبة الكيميائية	النسبة المئوية %
SiO_2	0,66
Al_2O_3	0,17
Fe_2O_3	0,20
CaO	55,45
MgO	0,31
Na_2O	0,02
K_2O	0,00
TiO_2	0,01
SO_3	0,20
P_2O_5	0,02
PAF	42,97

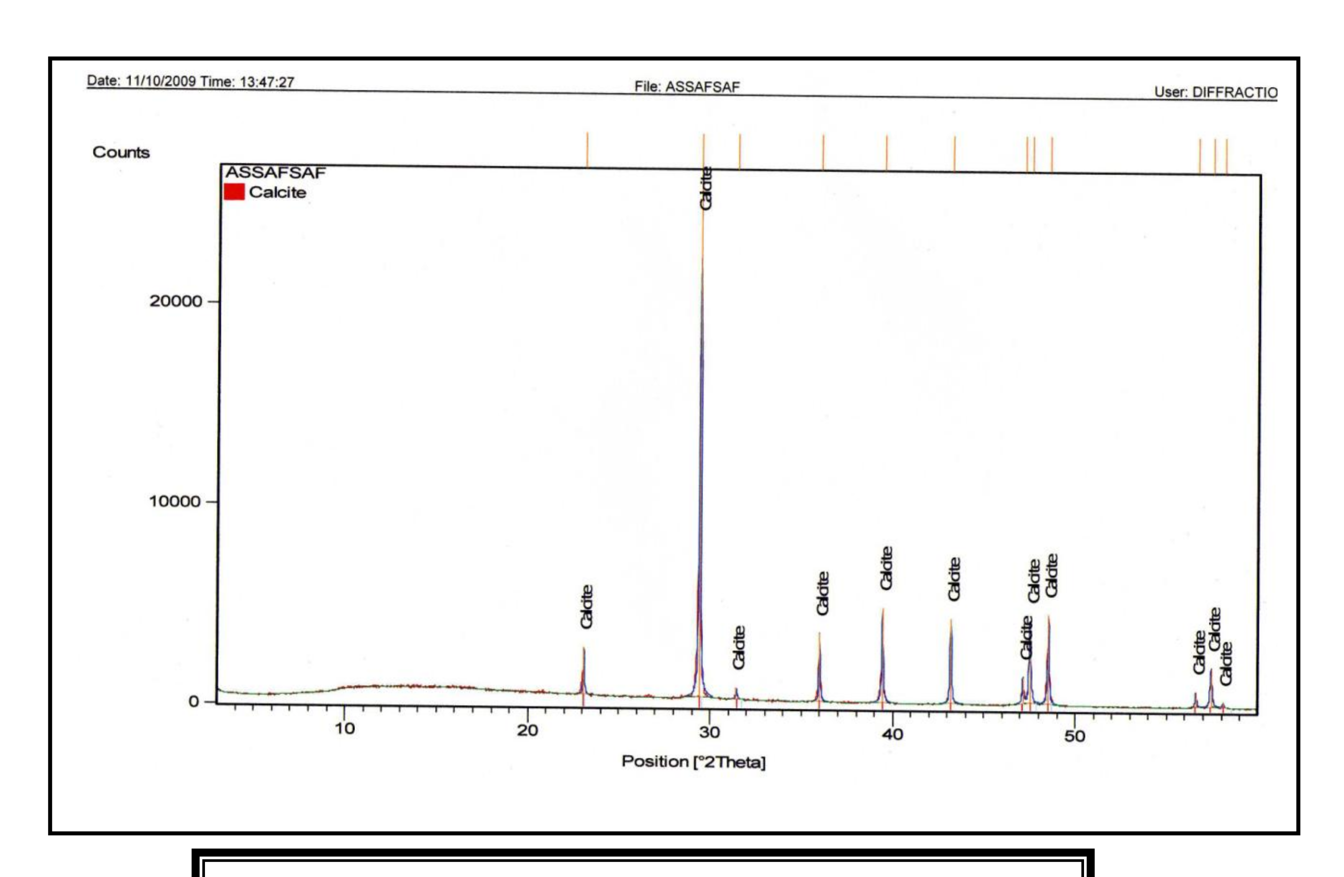
ب -درجة الحموضة (PH):

تم قياسها على مستوى مخبر السيراميك بجامعة بومرداس و كانت النتيجة أن: درجة حموضة حجارة البناء المستعملة في ضريح المدغاسن تقدر بـ: 9,02.

2-2-3- التركيبة المعدنية:

لقد أجرينا التحليل بتقنية حيود الأشعة السينسة (Diffraction des rayons X) و هذا على مستوى مخبر مركز الدراسات و الخدمات التكنولوجية لصناعة مواد البناء CETIM ببومرداس.

النتائج المتحصل ممثلة في الشكل رقم (64).



الشكل رقم (64): التركيبة المعدنية للعينة عن مخبر CETIM

2-2-4- الصدم الحراري:

لقد أجرينا التجارب بمخبر السيراميك بجامعة بومرداس و النتائج المحصل عليها ممثلة في الجدول رقم (58).

جدول رقم (58): نتائج الصدم الحراري.

العينات / درجات الحرارة	الجزء 01	الجزء 02	الجزء 03
60° م	لم يحدث شيء	لم يحدث شيء	لم يحدث شيء
80° م	لم يحدث شيء	لم يحدث شيء	لم يحدث شيء
100° م	لم يحدث شيء	لم يحدث شيء	لم يحدث شيء
120° م	لم يحدث شيء	تفتت طفيف	تفتت طفيف
160° م	تفتت طفيف	تفتت طفيف	تفتت طفيف
180° م	تفتت طفيف	تفتت طفيف	تفتت طفيف
220° م	تفتت طفيف	تفتت بعض الأجزاء صغيرة	تفتت طفيف
250° م	تفتت بعض الأجزاء الصغيرة	أصبحت العينة هشة و تتفتت بسهولة	تغير اللون و تفتت بعض الأجزاء

2-2-5- مقاومة الجليد:

قمنا بالتجربة على مستوى مخبر السيراميك بجامعة بومرداس، باتباع الطريقة المذكورة في الفصل الأول من هذا الباب و النتائج التي تحصلنا عليها مسجلة في الجدول رقم (59).

جدول رقم (59): يمثل نتائج قياس الكتل أثناء التجربة.

أجزاء العينة / الكتل	الجزء 1	الجزء 2	الجزء 3
الكتل ك$_1$ (غرام)	79,28	113,32	87,08
الكتل ك$_2$ (غرام)	79,07	112,98	86,87
نسبة الكتلة المفقودة	0,26	0,30	0,26

3 - تحليل النتائج:

- من خلال نتائج قياس الرطوبة و درجة الحرارة نلاحظ أن المدى الحراري كبير جدا حيث أن درجات الحرارة ترتفع كثيرا في النهار و تنخفض في الليل.
- انخفاض درجات الحرارة إلى 0°م أحيانا في فصل الشتاء ما يسبب في تجمد الماء داخل الشقوق والمسامات و بالتالي العمل على إتلاف مادة البناء.
- تغير مفاجئ و مستمر لدرجات الحرارة في أيام كثيرة فمثلا يوم 15جانفي سجلنا 34,6°م خلال النهار لتنخفض في الليل و تصل إلى 1,9°م على الساعة 06:41 صباحا، ثم تعود و ترتفع لتصل إلى 36,3°م على الساعة 12:11، و أثناء الليل عادت وانخفضت مرة أخرى لنسجل 2,5°م على الساعة 06:42، ثم ترتفع حتى تصل إلى 37,7°م في حدود الساعة 12:41 و هكذا، و هذا التغير الدائم بين درجات الحرارة بين الليل و النهار يعمل على ظهور تشققات في الصخر و هذا ما أكدته تجربة الصدم الحراري.
- اختلاف نسبة الرطوبة بين الليل و النهار خاصة في فصل الصيف أين سجلنا في 14 جويلية ارتفاع نسبة الرطوبة إلى 100% أثناء الليل لتنخفض إلى 11% أثناء النهار.

- أظهرت التركيبة الكيميائية و المعدنية لعين ة حجارة بناء ضريح المدغاسن احتوائها على نسبة كبيرة من الكالسيت يفوق 55% و بهذا فهي حجارة جيرية.
- أثناء تجربة الصدم الحراري لاحظنا بداية التفتت عند درجة حرارة تقدر ب120°م و هذا يدل على أن هذه الحجارة تتأثر بتغيرات درجات الحرارة بين الليل و النهار أو من فصل لآخر.
- مسامية الحجر تقدر ب35% و هي قيمة معتبرة فالحجارة إذا مسامية، تتأثر كثيرا بالماء و المحاليل الملحية التي قد تتغلغل إلى داخل الحجر عبر هذه المسامات .
- حموضة الحجر تساوي 9,2 فالحجارة إذا قاعدية تتأثر بالأحماض التي قد يكون مصدرها مياه الأمطار أو إفرازات النباتات و الحيوانات ، كما يجب تفادي استعمال الأحماض للتنظيف أو إزالة الكتابات المختلفة المنتشرة على الضريح.
- نسبة امتصاص الماء تقدر ب 20,67% و هي ناتجة عن المسامية المرتفعة للحجر والتي تساوي 35%.
- قساوة العينات تساوي 2 حسب سلم موهس فالحجارة إذا لينة و بهذا يجب توخي الحذر عند التنظيف أو إزالة الكتابات من سطح الحجر بالطرق اليدوية أو الميكانيكية.
- في تجربة مقاومة الجليد لاحظنا فقدان جزء من الكتلة بعد تعريض العينات إلى فترات جليدية و من ثم داخل الماء لخمسة وعشرين مرة على التوالي و هذا المناخ الذي وضعت فيه يعكس من اخ ولاية باتنة الذي نجد المدى الحراري فيه كبير بين الليل والنهار و كذلك الرطوبة التي تنخفض و ترتفع باستمرار و هذا ما يسبب في حدوث تشققات دقيقة للحجر و فقدان جزء من المادة.

الخلاصة:

من خلال التجارب الميدانية و المخبرية التي أجريناها على ضريح المدغ اسن توصلنا إلى النتائج التالية:

- لقد ساهمت الترميمات الأخيرة التي أجريت في أواخر 2015م على إعادة رونق الضريح حيث تم إزالة معظم النباتات التي كانت منتشرة بين حجارة الضريح ، كما تم في نفس الفترة إعادة بناء الفراغات الموجودة بين الحجارة على مستوى الهرم المدرج باستعمال الحجارة المتساقطة من الضريح.
- لاحظنا من خلال الزيارة الميدانية تناقص الكتابات الفوضوية من على سطح الحجر مقارنة بما كان عليه في السنوات السابقة.
- تتميز ولاية باتنة بمناخ بارد جدا في فصل الشتاء حيث وصلت درجة الحرارة إلى 0°م، و ترتفع أثناء النهار، أما في فصل الصف فميزه التغير المستمر لنسبة الرطوبة والحرارة أيضا.
- من أكثر مظاهر التلف وضوحا عل الضريح نجد تغير اللون و فقدان الحجر لشكله نتيجة تفتت حوافه و كذا استخراج مشابك الرصاص منه.
- لقد استعمل في بناء ضريح المدغاسن حجارة جيرية قاعدية، لينة، مرتفعة المسامي ة نسبة إمتصاص معتبرة للماء.

الخاتمة:

لقد أثبتت التجارب الميدانية و المخبرية على عينات من حجارة بناء الأضرحة الثلاثة المدروسة العلاقة بين حالة الحفظ و مظاهر التلف مع خصائص مادة البناء من جهة وخصائص العوامل المناخية المحيطة بالمعالم من جهة أخرى ، و قد لاحظنا خصوصية كل موقع رغم استعمال نفس نوع مادة البناء و هي الحجارة الجيرية، و من خلال الدراسة التطبيقية و الميدانية استنتجنا ما يلي:

- اختلاف حالة حفظ الأضرحة الثلاثة المدروسة نتيجة اختلاف الظروف الطبيعية المحيطة بها.
- أثبت التجارب الميدانية لقيا س درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع تميز مناخ الضريح الملكي الموريطاني برطوبة نسبية مرتفعة على مدار العام و درجة حرارة مرتفعة في فصل الصيف و منخفضة في فصل الشتاء، أما ضريح الخروب فتميز بالتغير المستمر و المفاجئ لدرجات الحرارة و نسبة الرطوبة بين الليل و النهار بالإضافة إلى الإنخفاض الشديد لدرجات الحرارة في فصل الشتاء حيث سجلنا في أيام كثيرة درجات حرارة تحت الصفر و كذلك في ضريح المدغاسن لاحظنا اختلاف كبير بين درجات الحرارة و نسبة الرطوبة بين الليل و النهار كما وصلت درجة الحرارة في الليل أحيانا إلى الصفر درجة مئوية.
- إن اختلاف المناخ في المناطق الثلاثة المدروسة أنتج مظاهر تلف مختلفة انتشرت على حجارة الأضرحة.
- اختلاف خصائص الحجارة الجيرية المستعملة في الأضرحة الثلاثة فقد استعملت حجارة جيرية قساوتها 4 على سلم موهس و مسامية مرتفعة في الضريح الملكي الموريطاني وتميزت الحجارة الجيرية في ضريح الخروب بقساوة تساوي 5 و انخفاض في المسامية أما ضريح المدغاسن فقد استعمل في بنائه حجارة جيرية قساوتها 2 على سلم موهس وعالية المسامية.

فهرس أشكال الباب الرابع

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
56	منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني.	446
57	منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني	447
58	التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني	464
59	منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الصيف في منطقة الخروب	488
60	منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب	496
61	التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح الخروب	506
62	منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الصيف في ضريح المدغاسن.	530
63	منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة و الرطوبة خلال فصل الشتاء في ضريح المدغاسن	535
64	التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح المدغاسن	543

فهرس صور الباب الرابع

رقم الصورة	العنوان	الصفحة
91	الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	420
92	القاعدة المربعة في الضريح الملكي الموريطاني	421
93	المدخل الحقيقي للضريح الملكي الموريطاني	421
94	الباب الوهمي الشرقي للضريح الملكي الموريطاني	422
95	الزخرفة المتواجدة أعلى الباب الوهمي الشرقي للضريح الملكي الموريطاني	422
96	المبنى الأمامي للضريح الملكي الموريطاني	423
97	الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	424
98	الأعمدة المتوادة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	425
99	حجارة البناء المنتشرة حول الضريح الملكي الموريطاني	425
100	الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	426
101	القاعدة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	426
102	الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	427
103	القاعدة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	428
104	نمو النباتات في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	429
105	نمو النباتات في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	429
106	نمو النباتات على الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	430
107	نمو النباتات على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	430

108	الطحالب على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	431
109	الأشنات على الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	431
110	الأشنات على الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	431
111	الأشنات على الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	432
112	الأشنات على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	432
113	تشقق الحجارة في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	433
114	تشقق الحارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	433
115	تشقق الحجارة في الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	433
116	تشقق الحجارة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	433
117	تفتت الحجارة في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	434
118	تفتت الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	434
119	تآكل الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	434
120	تآكل الحجارة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	434
121	تخشن السطح في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	435
122	تخشن السطح في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	435
123	تخشن السطح في الواجهة الغربية للضريح الملكي	435

	الموريطاني	
124	تخشن السطح في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	435
125	استعمال الإسمنت في الترميم في الضريح الملكي الموريطاني	436
126	استعمال الحديد في الترميم في الضريح الملكي الموريطاني	436
127	هدم الباب الوهمي الجنوبي للضريح الملكي الموريطاني أثناء الحفريات العشوائية	436
128	الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	437
129	الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	437
130	الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	437
131	الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	437
132	الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	438
133	الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	438
134	الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	438
135	الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	438
136	إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	439

137	إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	439
138	إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	440
139	إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	440
140	الأملاح بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني	441
141	الأملاح بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني	441
142	الأملاح بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني	441
143	الأملاح بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني	441
144	جهاز قياس الرطوبة و الحرارة	443
145	جهاز القراءة	443
146	الزر المثبت في الضريح الملكي الموريطاني	444
147	اختيار العينة من الموقع	461
148	الواجهة الشرقية لضريح الخروب	474
149	الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	475
150	الواجهة الغربية لضريح الخروب	476
151	الواجهة الشمالية لضريح الخروب	477
152	النباتات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	478
153	النباتات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	478
154	النباتات في الواجهة الغربية لضريح الخروب	479
155	النباتات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	479
156	الأشنات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	479
157	الأشنات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	479
158	الأشنات في الواجهة الغربية لضريح الخروب	480

159	الأشنات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	480
160	التشققات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	480
161	التشققات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	480
162	التشققات في الواجهة الغربية لضريح الخروب	481
163	التشققات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	481
164	تآكل الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	481
165	تآكل الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	481
166	تآكل الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب	482
167	تآكل الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	482
168	تخشن السطح في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	482
179	تخشن السطح في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	482
170	تخشن السطح في الواجهة الغربية لضريح الخروب	483
171	تخشن السطح في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	483
172	الكتابة على الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	483
173	الكتابة على الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	483
174	الكتابة على الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب	484
175	الكتابة على الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	484
176	تغير لون الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب	484
177	تغير لون الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب	485
178	تغير لون الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب	485
179	تغير لون الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب	486
180	الزر المثبت في ضريح الخروب	487
181	اختيار العينة من الموقع	503
182	الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن مع توضيح تغطية المدخل الحقيقي	517

183	الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن	517
184	الواجهة الشمالية لضريح المدغاسن	518
185	الواجهة الشمالية لضريح المدغاسن	519
186	الواجهة الغربية لضريح المدغاسن	520
187	الواجهة الغربية لضريح المدغاسن	520
188	الواجهة الجنوبية لضريح المدغاسن	521
189	الواجهة الجنوبية لضريح المدغاسن	522
190	النباتات في ضريح المدغاسن	523
191	انتشار الأشنات في ضريح المدغاسن	523
192	انتشار الطحالب في ضريح المدغاسن	524
193	التشققات الأفقية في ضريح المدغاسن	524
194	تآكل الحجارة في ضريح المدغاسن	525
195	تخشن السطح في ضريح المدغاسن	526
196	استعمال الإسمنت في الترميم في ضريح المدغاسن	526
197	الخدش على الحجارة في ضريح المدغاسن	527
198	الكتابة باستعمال الأصبغة في ضريح المدغاسن	527
199	تغير اللون في ضريح المدغاسن	528
200	تثبيت أزرار الرطوبة و الحرارة على حجارة الضريح	529
201	إختيار العينة من ضريح المدغاسن	540

الخلاصة العامة:

أجرينا دراسة مقارنة لكل من الضريح الملكي الموريطاني و ضريح الخروب والمدغاسن لما لها من عناصر مشتركة من ناحية مادة و طريقة البناء أو الجانب المعماري و كذا الموقع الجغرافي، بغية الوصول إلى تأثير العوامل الطبيعية المحيطة بالأثر و علاقتها بحالة حفظه و قد لخصنا أوجه التشابه و الإختلاف بين هذه الأضرحة في الجدول رقم (60).

جدول رقم(60): مقارنة الأضرحة الثلاثة المدروسة

أوجه المقارنة	الضريح الملكي الموريطاني	ضريح الخروب	ضريح المدغاسن
الموقع الجغرافي	يعلو قمة جبلية في الساحل على ارتفاع 261م على سطح البحر في ولاية تيبازا.	فوق هضبة صخرية تعلوا سطح البحر بـ 786م بولاية قسنطينة.	يقع على ارتفاع 900م على مستوى سطح البحر بولاية باتنة.
الإطار الطبيعي	تتميز المنطقة بكثرة الغطاء النباتي.	قلة الغطاء النباتي بالمنطقة.	قلة الغطاء النباتي بالمنطقة.
المناخ	رطوبة نسبية مرتفعة على مدار العام. درجة حرارة مختلفة حسب الفصول.	رطوبة نسبية مرتفعة في فصل الشتاء و منخفضة في فصل الصيف. درجة الحرارة: مرتفعة في فصل الصيف و منخفضة كثيرا في فصل الشتاء	رطوبة نسبية مرتفعة في فصل الشتاء و منخفضة في فصل الصيف درجة الحرارة: مرتفعة في فصل الصيف و منخفضة كثيرا في فصل الشتاء

الدراسة المعمارية	القسم الخا رجي: قاعدة مربعة. جزء أسطواني يتكون من 60 عمود من الطراز الأيوني و أربعة أبواب وهميۃ. الهرم المدرج القسم الداخلي: المدخل على مستوى القاعدة البهاوي رواق مستدير غرفة جنائزية المبنى الأمامي	القسم الخارجي :قاعدة مربعة. بقايا لبناء مربع تشكل الطابق العلوي. تشير المراجع إلى وجود 12 عمود من الطراز الدوري و أربعة أبواب وهمية لم يبقى لها آثار حاليا المدفن غياب المبنى الأمامي	القسم الخارجي : قاعد مستديرة. جزء أسطواني يتكون من 60 عمود من الطراز الدوري و ثلاثة أبواب وهمية الهرم المدرج القسم الداخلي: المدخل على مستوى الهرم المدرج رواق مستقيم باتجاه المركز غرفة جنائزية المبنى الأمامي
	وجود كورنيش ذو العنق المصري	وجود كورنيش ذو العنق االمصري	وجود كورنيش ذو العنق المصري
الإرتفاع الحالي الإجمالي	33م	6 م	18م
تأريخ الضريح	القرن الثاني أو الثالث قبل الميلاد	القرن الثاني أو الأول قبل الميلاد	القرن الرابع أو الثالث قبل الميلاد
انتساب الضريح	يوبا الثاني و زوجته كليوباترا سيليني	ماسينيسا	مادغيس أو مادغوس وهو أحد ملوك البربر
طريقة البناء	النظام الكبير (Opus quadratum)	النظام الكبير (Opus quadratum)	النظام الكبير (Opus quadratum)

أهم عوامل التلف	الأملاح الرطوبة العامل البشري	التغيرات اليومية والموسمية في درجات الحرارة و نسبة الرطوبة العامل البشري	التغيرات اليومية والموسمية في درجات الحرارة و نسبة الرطوبة العامل البشري
أهم مضاهر التلف	تزهر الأملاح كثرة الكتابات كثرة النباتات و الأشنات نقصان بعض عناصر البناء	تآكل الحجر كثرة الأشنات وجود الكتابات الفوضوية نقصان القسم العلوي من المبنى	الترميمات الخاطئة التي تجسدت في استعمال الإسمنت تشقق الحجر الكتابة على الحجارة
خصائص حجارة البناء	حجارة جيرية : المسامية:35 % الإمتصاص: 17 % القساوة: 4 حسب سلم موهس	حجارة جيرية المسامية: 3 % الإمتصاص1 % القساوة: 5 حسب سلم موهس	حجارة جيرية المسامية: 35 % الإمتصاص: 20 % القساوة: 2 حسب سلم موهس
حالة الحفظ	متوسطة	جيدة	جيدة
الإقتراحات لكل معلم	التدخل العاجل لنزع النباتات التي تعمل على تباعد حجارة البناء	إجراء دراسات معمقة للتعرف أكثر على الشكل الأصلي للضريح	إعادة الترميمات السابقة التي شوهت المنظر العام للضريح

الإقتراحات و التوصيات:

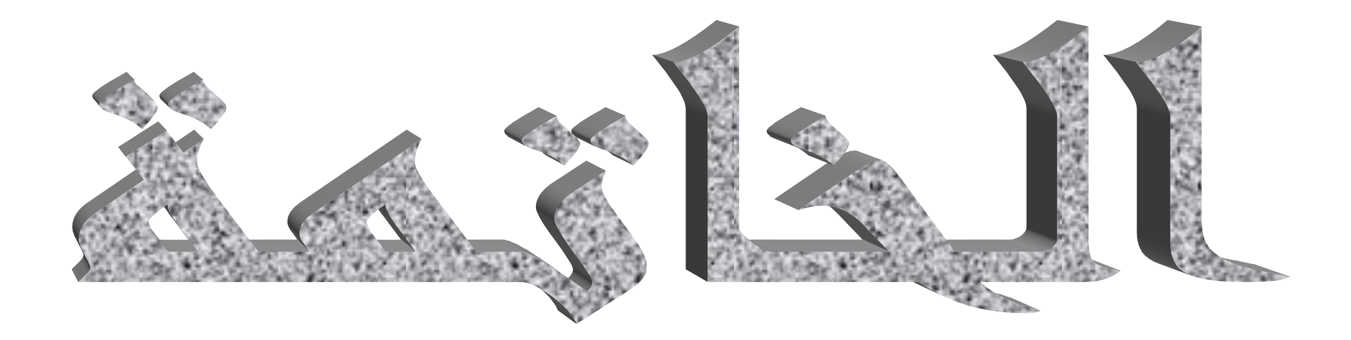
قصد إعادة الإعتبار إلى هذه المعالم الجنائزية و جعلها أماكن سياحية تضاهي المعالم الجنائزية في البلدان الأخرى، اقترحنا مجموعة من التوصيات نلخصها في ما يلي:

- الصيانة الدورية للمعالم الجنائزية المدروسة التي تشمل مجموعة من الإجراءات كإزالة النباتات فور نموها نظرا لما تسببه من تلف على الحجر سواء التشقق أو تباعد حجارة المباني عن بعضها البعض، و خاصة بالنسبة للضريح الملكي الموريطاني الذي لاحظنا عليه كثرة النباتات على مستوى جميع أجزائه، و هي عملية بسيطة يمكن أن يقوم بها طلاب الآثار مثلا في إطار تربصات ميدانية تحت إشراف أساتذتهم.
- علاج مظاهر التلف المختلفة الناتجة عن التفاعل بين مواد البناء المستخدمة وعوامل التلف، ومن أهم هذه المظاهر التي يمكن التدخل عليها نجد التشققات حتى لا تتسع أكثر، إزالة الأملاح و البقع السوداء.
- مراقبة الزوار بشتى الوسائل كالحراس و الكاميرات لتفادي التخريب البشري الناتج عنهم كالكتابات التي وجدناها منتشرة على حجارة كل الأضرحة المدروسة، و تفادي بعض السلوكات التي من شأنها أن تسرع من إتلاف الحجارة حيث لاحظنا مشي الزوار على حجارة الأضرحة، و ما استحسناه في ضريح المدغاسن هو إزالة السلم الخشبي الذي كان موجودا في 2009م و كان يسمح للزوار بالصعود إلى قمة الضريح و بالتالي المشي على الحجارة بالرغم من أن بعض تلك الحجارة تحمل نقوش أصلية يجب الحفاظ عليها.
- فتح هذه المعالم الجنائزية أمام الزوار في كل أيام الأسبوع ، فكم من مرة يقطع السائح مئات الكيلومترات لزيارة تلك المعالم ليصدم بغلقها دون وجود أي لافتة أمام المعلم للإعلام عن أيام فتح و غلق المعلم للزيارة، أو وجود مواقع إلكترونية تفيدنا في ذلك

الغرض، و هذا من بين ا لأسباب التي قللت توافد السياح على تلك المعالم الأثرية، خاصة المدغاسن و الخروب بحيث نادرا ما نصادف سائحا هناك.

- توفير المواصلات من و إلى تلك المعالم الأثرية فلا الضريح الملكي الموريطاني و لا الخروب و لا المدغاسن يمكن الوصول إليه عن طريق وسائل النقل العمومي أو الجماعي كالحافلة أو أي وسيلة أخرى، بل يجب أن يستقل السائح سيارة خاصة وهذا ليس باستطاعة كل مواطن و بالتالي عدم تمكن طبقة من المجتمع من زيارة تلك الأماكن الأثرية و لو أرادت ذلك، و في هذه الحالة أيضا قللنا من عدد السياح نتيجة نقص الإمكانيات المادية لديهم.
- البحث عن محاجر الحجارة التي استخرجت منها الحجارة المستعملة في بناء الأضرحة من أجل زيادة المعلومات الخاصة ببناء الأضرحة من جهة و إثراء الجانب التاريخي لها، و من جهة أخرى استغلالها في عمليات الترميم في حالة إجرائها إذ من الضروري ملء الفراغات المتواجدة في جد ران الضريح نتيجة فقدان بعض حجارة البناء حتى تتحمل الأقسام السفلية الأثقال التي تتعرض لها و كذلك نتفادى تجمع الأتربة ونمو النباتات في تلك المناطق.
- إجراء دراسة خاصة حول تأثير إستعمال الإسمنت في ترميم ضريح المدغاسن بباتنة للوقوف على مدى خطورته و تأثيره السلبي على الحجارة الأصلية، و بالتالي وجوب التفكير في إعادة الترميمات السابقة باحترام مبادئ الحفظ و الترميم.
- استغلال هذه المعالم الجنائزية في مختلف التظاهرات الثقافية من أجل التعريف بها للجمهور و القيام ببعض النشاطات الثقافية على مستوى تلك المناطق ، و على سبيل المثال نذكر ماراطون مدغاسن الدولي الذي تحتضنه ولاية باتنة كل سنة و هو الآن في طبعته السابعة، بحيث ينطلق المراطون من مدينة باتنة إلى غاية الضريح الملكي النوميدي مدغاسن ببلدية بومية على مسافة 42 كلم.

- القضاء على العزلة التي تعاني منها هذه المعالم الجنائزية عن طريق استغلال الفضاء المجاور لهذه الأضرحة لتوفير مناطق للترفيه و التسلية للأطفال خاصة بالإضافة إلى الإطعام ومختلف الخدمات من إتصال و نقل و غيرها لاستقطاب مختلف شرائح المجتمع حتى الأطفال الذين سوف يتعودون على ارتياد المواقع الأثرية منذ الطفولة وتعويدهم على حب تاريخهم.
- إنجاز مطويات بمختلف اللغات عن هذه الأضرحة لتقدم للزوار معلومات صحيحة ومؤكدة حول تاريخها و مختلف التسميات التي أطلقت عليها و التعرف أكثر على هذه المعالم، حيث أن أغلب ح راس المعالم الأثرية تلقوا تكوينا في الحراسة و الأمن فقط و لا يملكون رصيد كاف في مجال الآثار . و في هذا السياق اقترحنا مطوية لكل ضريح باللغة العربية عسى أن تكون مرجع للديوان الوطني لتسيير واستغلال الممتلكات الثقافية المحمية.
- تزويد هذه المواقع الأثرية بمرشد س ياحي يعمل على تبسيط المعلومات المتعلقة بالأضرحة للزوار.


الخاتمة

الخاتمة:

تمحورت إشكالية البحث أساسا حول تأثير العوامل الطبيعية على تلف المعالم الجنائزية، و قد اخترنا كنماذج للدراسة ثلاثة أضرحة بنيت بنفس نوع الحجر و هو الحجر الجيري و لكنها اختلفت من ناحية الإطار الطبيعي من موقع جغرافي وكذا المناخ السائد حولها و بهذا وقع اختيارنا على النماذج الآتية : الضريح الملكي الموريطاني بتيبازا، ضريح الخروب بقسنطينة و المدغاسن بباتنة.

- **الموقع الجغرافي و خصائص المناخ:**

- يقع الضريح الملكي الموريطاني على قمة جبلية تنتمي إلى جبال الساحل بالقرب من البحر ما جعله عرضة للتأ ثيرات البحرية من بخار الماء و أملاح، ويتربع ضريح الخروب فوق هضبة صخرية تشرف على مدينة الخروب و قسنطينة ، أما ضريح المدغاسن فيتواجد على ارتفاع 900م فوق سطح البحر و هو بذلك يقع أيضا على هضبة تتوسط سلسلتين جبليتين.
- تنتمي ولاية تيبازة إلى نطاق مناخ البحر الأبيض المتوسط الذي يتميز بصيف حار و جاف و شتاء بارد و ممطر، أما الرطوبة النسبية فغالبا ما تتعدى 50% في جميع فصول السنة و بالتالي يمكن القول أن الضريح الملكي الموريطاني يقع في منطقة رطبة، و هذا ما أكدته نتائج قياس كل من درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع بواسطة أزرار الرطوبة و الحرارة أين سجلنا رطوبة نسبية مرتفعة على مدار العام وصلت إلى 100% و أدنى رطوبة نسبية سجلناها قدرت ب 10% و درجة حرارة فصلية مرتفعة في فصل الصيف بمعدل 27,3°م خلال شهر جويلية ومنخفضة في الشتاء حيث وصلت حتى 7°م.
- تتواجد ولاية قسنطينة في نطاق المناخ القاري الذي يتميز بصيف حار و جاف وشتاء بارد و ممطر و هذا ما أكدته نتائج العمل الميداني حيث سجلنا ارتفاعا

شديدا للحرارة في فصل الصيف بمعدل 30° م خلال شهر أوت، و يقابله درجات تحت الصفر في معظم أيام فصل الشتاء أين وصلت إلى 4- °م يوم 18 فيفري 2016م، أما الرطوبة فكانت مرتفعة خلال فصل الشتاء بمعدل 77% و منخفضة في الصيف حيث سلنا 09% فقط يوم 07 أوت 2015، كما لاحظنا من خلال النتائج التي تحصلنا عليها تغير مستمر و مفاجئ لدرجات الحرارة و نسبة الرطوبة بين الليل و النهار ما يؤثر سلبا على حالة حفظ الضريح.

-تتواجد ولاية باتنة في نطاق مناخ الإستبس الذي يغطي كل الهضاب العليا، و هو مناخ انتقالي بين المتوسطي و الصحراوي حيث يتميز بصيف حار و جاف وشتاء بارد، و قد بينت نتائج قياس كل من درجة الحرارة و نسبة الرطوبة في الموقع ارتفاع كبير في درجة الحرارة في الصيف بمعدل 31° م خلال شهر جويلية وانخفاضها كثيرا في فصل الشتاء حيث وصلت في بعض الأحيان إلى 0°م، أما الرطوبة فهي مرتفعة شتاءا حيث سجلنا نسبة 100% في أيام كثيرة و منخفضة صيفا بمعدل 28% خلال شهر جويلية، و سجلنا أيضا في هذه الولاية تغير مستمر و مفاجئ لهذه العوامل المناخية بين الليل و النهار.

- **الجانب المعماري:**

-من ناحية الشكل المعماري يتكون الضريح الملكي الموريطاني من قسمين : قسم خارجي يحتوي على أربعة أجزاء أساسية هي القاعدة المربعة، جزء أسطواني مزين بـ 60 عمود من الطراز الأيوني و أربعة أبواب وهمية و يتوج بالهرم المدرج، بالإضافة إلى المبنى الأمامي الذي يتواجد في ال جهة الشرقية من الضريح، أما القسم الداخلي فيتكون من المدخل الرئيسي الذي اكتشف من طرف بربروجير في 05 ماي 1866م و هو موجود على مستوى القاعدة في الجهة الشرقية من الضريح، بعد المدخل نصل إلى البهو و من ثم الرواق المستدير الذي ينتهي

بالغرفة الجنائزية، الإرتفاع ا لاجمالي للضريح يبلغ 33م و لربما يكون أكثر من ذلك عند تشييده.

-يتكون ضريح الخروب بدوره من قسمين : القسم الخارجي و هو يتكون من القاعدة المربعة و فوقها ينتصب بقايا بناء مربع الزوايا يتكون من أربعة كتل على شكل أعمدة، أما القسم الداخلي فيتكون من المدفن الأرضي الذ ي يوجد أسفل المعلم، الإرتفاع الحالي للضريح 6 أمتار و قد قام المهندس المعماري راكوب بمحاولة لإعادة شكل الضريح عام 1974م حيث توصل إلى أن الإرتفاع الإجمالي للضريح قد يصل إلى 30م.

-ضريح المدغاسن يمكن تقسيمه أيضا إلى قسمين : القسم الخارجي و يتضمن القاعدة التي تحم ل الجزء الأسطواني الذي زين ب 60 عمود من الطراز الدوري وثلاثة أبواب وهمية و ينتهي الضريح بالهرم المدرج، أما المبنى الأمامي فيتواجد على مستوى القاعدة بالواجهة الشرقية، بينما القسم الداخلي يتكون من المدخل الذي يتواجد على مستوى الهرم المدرج، الرواق و أخيرا الغرفة الجنائزية.

- **مواد بناء الأضرحة:**

-لقد استعمل في بناء هذه الأضرحة المدروسة حجارة جيرية كبيرة الحجم يصل طول ضلعها أحيانا إلى مترين وضعت على شكل مداميك أفقية دون ملاط، و لقد أثبتت التجارب المخبرية لعينات من هذه الحجارة إختلاف خواصها، فقد استعمل في الضريح الملكي الموريطاني حجارة جيرية قساوتها 4 حسب سلم موهس، ذات مسامية عالية تقدر ب35 % و نسبة امتصاص معتبرة للماء تقدر ب 17%، أما ضريح الخروب فتميزت حجارة البناء فيه بالصلابة (5 حسب سلم موهس) وقلة المسامية(03%) و بالتالي ضعف امتصاصها للماء (01%)، في حين كانت الحجارة الجيرية المستعملة في ضريح المدغاسن لينة (2 حسب سلم موهس) ذات

مسامية كبيرة (35%) و نسبة امتصاص معتبرة (20%). أما عن طريقة البناء هي النظام الكبير"Opus quadratum" الذي انتشر كثيرا في الفترة القديمة.

- **عوامل التلف:**

-تتعرض الحجارة الجيرية المستعملة لبناء هذه الأضرحة إلى عوامل التلف المختلفة التي يمكن تقسيمها إلى قسمين : العوامل الداخلية و التي تشمل خصائص الحجر كالتركيبة الكيميائية و المعدنية و المسامية و غيرها، أما عوامل التلف الخارجية فتشمل المحيط الخارجي للمباني. بالبنسبة للضريح الملكي الموريطاني نجده متأثرا كثيرا بالأملاح التي تحملها الرياح مع بخار الماء ما أدى إلى تغير لون الحجر إلى الأبيض، بالإضافة إلى تأثير الرطوبة المرتفعة (تفوق 50% على مدار العام) ما سبب في كثرة انتشار النباتات والكائنات الحية الدقيقة كالأشنات على حجارة الضريح دون أن ننسى التخريب البشري ا لذي تجسد في الكتابات المختلفة على الحجارة و نزع مخالب الرصاص وغيرها.

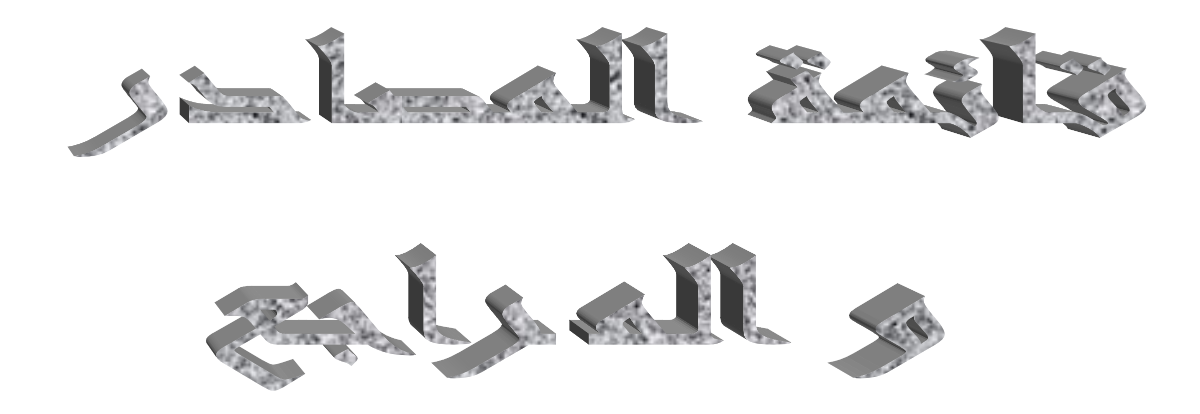
- بالنسبة للعوامل الخارجية المؤثرة على ضريح الخروب نجد المناخ بعناصره كالتغير المستمر لنسبة الرطوبة ودرجات الحرارة بين الليل و النهار و بهذا كانت أهم مظاهر التلف على الضريح هي انتشار الأشنات و كذا تخشن السطح وتآكله، كما ذكرت بعض المراجع أن الطابق العلوي للضريح كان موجودا إلى عهد قريب لكنه سقط بفعل الزلزال.

- بالنسبة لضريح المدغاسن فمن أهم العوامل الخارجية المؤثرة عليه هو التغير المستمر في درجات الحرارة بين الليل و النهار و كذا ارتفاع الرطوبة شتاءا (100% في معظم الأيام) و يقابلها في نفس الوقت انخفاض درجة الحرارة (0°م) مع المسامية المعتبرة التي يتميز بها الصخر وبالتالي توغل الماء إلى داخل المسامات و تجمده و إحداث تشققات دقيقة للحجر سرعان ما تتسع بتكرار العملية، ومن عوامل التلف الأخرى نذكر العام ل البشري عن طريق الكتابة على

الحجر أو نزع مخالب الرصاص أو الترميمات الخاطئة التي شوهت كثيرا منظر الضريح.

- **حالة الحفظ:**

-نجد أن حالة الحفظ تختلف من ضريح لآخر نتيجة اختلاف الظروف الطبيعية المحيطة بها ما شكل مظاهر تلف مختلفة حسب خصوصية كل منطقة، كما نجدها مختلفة بين واجهات الضريح نفسه، فالضريح الملكي الموريطاني متأثر كثير بمناخ المنطقة الرطب فنلاحظ عليه كثرة النباتات و كذلك فقدان العديد من حجارة البناء بسبب نزع مشابك الرصاص، كما تتميز الواجهة الشمالية المقابلة للبحر بتغير لونها إلى الأبيض نتيجة الأملاح . لا يزال المدغاسن يحتفظ بشكله العام لكن يلاحظ كثرة التشققات على حجارته وهناك اختلاف في درجة الحفظ بين واجهاته فتظهر الواجهة الشمالية في حالة جيدة نتيجة وجود سلسلة جبيلة تقابلها و تحميها من مختلف الظروف الطبيعية، و كذلك الواجهة الغربية فهي محمية من الرياح التي قد تك ون محملة بالرمال، أما ضريح الخروب فالجزء الموجود منه حاليا في حالة حفظ جيدة لكنه يفتقد إلى جزئه العلوي ما يضع علامة استفهام حول الشكل الأصلي له.


قائمة المصادر
و المراجع

قائمة المصادر و المراجع

1- قائمة الكتب باللغة العربية:

1 -ابن خلدون (عبد الرحمن)، **كتاب العبر و ديوان المبتدأ و الخبر في أيام العرب و العجم و البربر ومن عاصرهم من ذوي السلطان الأكبر**، المجلد 6، دار الكتاب اللبناني للطباعة و النشر، بيروت، 7968م.

2 -إبراهيم (محمد عبد الله)، **مبادئ ترميم و حماية الآثار**، دار المعرفة الجامعية للنشر و التوزيع، مصر، 2012م.

3 -إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم الآثار الحجرية**، دار المعرفة الجامعية للطبع والنشر و التوزيع، جمهورية مصر العربية، 2014م.

4 -إبراهيم (محمد عبد الله)، **ترميم و صيانة الآثار الرخامية**، دار المعرفة الجامعية، جمهورية مصر العربية، 2014م.

5 -المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، **خواص و اختبارات المواد**، المملكة العربية السعودية، دون تاريخ.

6 -البكري (أبي عبيد)، **كتاب المسالك و الممالك**، ج 2، الدار العربية للكتاب، تونس، 1992م.

7 -خالد (غنيم)، برخينيا (باخ ديل بوثو)، **علم الآثار و صيانة الأدوات و المواقع الأثرية وترميمها** ، تعريب: خالد (غنيم)، بيسان للنشر و التوزيع، الطبعة الأولى، لبنان، 2002م.

8 -رابح (لحسن)، **أضرحة الملوك النوميد و المور : دراسة أثرية و تاريخية مقارنة لأهم الأضرحة الملكية النوميدية و المورية المشيدة منذ القرن الرابع ق.م إلى غاية عشية الفتح الإسلامي في القرن السابع م**، دار هومة، الجزائر، 2002م.

9 -عبد الحميد (بن شنهو)، **الملك العالم يوبا الثاني و زوجته كليوباطرة سليني** ، الطباعة الشعبية للجيش، الجزائر، 1981م.

10 - عزت زكي حامد (قادوس)، **علم الحفائر و فن المتاحف** ، مطبعة الحضري، الإسكندرية، 2005م.

11 - عبد المعز (شاهين)، **ترميم و صيانة المباني الأثرية و التاريخية**، مطابع المجلس الأعلى للآثار، مصر، دون تاريخ.

12 - عبد الإله (أحمد أبو غانم)، **الجيولوجيا العامة: الجزء النظري**، الطبعة الأولى، المعتز للنشر و التوزيع، المملكة الأردنية الهاشمية، 2007م.

13 - عبد القادر (الريحاوي)، **المباني التاريخية، حمايتها و طرق صيانتها** ، منشورات المديرية العامة للآثار و المتاحف، الجمهورية العربية السورية، دمشق، 1972م.

14 - عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 2، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الطبعة الأولى، الكويت، 1998م. عبد الله (يوسف الغنيم)، **الموسوعة الجيولوجية**، ج 3، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي قادوس، 1998م.

15 - فتحي عبد العزيز (أبو راضي)، **كوكب الأرض معالم سطحه و أغلفته الكبرى دراسة في أسس الجغرافية الطبيعية**، دار المعرفة الجامعية للطبع و النشر والتوزيع، الإسكندرية، 2013م.

16 - كرونين (ج.أم)، روبنسون (و.س.)، **أساسيات ترميم الآثار**، ترجمة الزهراني (عبد الناصر بن عبد الرحمن)، جامعة الملك سعود للنشر، المملكة العربية السعودية، 2006م.

17 - محمد الصغير (غانم)، **معالم التواجد الفينيقي البوني في الجزائر** ، دار الهدى، الجزائر، 2003م.

18 - محمد الصغير (غانم)، **سيرتا النوميدية النشأة والتطور**، دار الهدى، الجزائر، 2008م.

19 - محمد الصالح (بن العنتري)، **تاريخ قسنطينة**، مراجعة و تقديم يحيى بوعزيز، دار هومة للطباعة، الجزائر، 2007م.

20 - محمد الهادي (العروق)، **أطلس الجزائر و العالم**، دار الهدى، الجزائر، دون تاريخ.

21 - محمد الهادي (العروق)، **مدينة قسنطينة (دراسة في جغرافية العمران)**، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1984م.

22 - منير (بوشناقي)، **الضريح الملكي الموريطاني** ، تعريب عبد الحميد (حاجيات)، الجزائر، 1979م.

23 - مسعود (حميان) وآخرون، **المسرد المصور لأنماط تلف الحجارة**، النسخة الإنجليزية العربية، ديوان المطبوعات الجامعية، 2016.

24 - مرفت (ثابت صليب)، **تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية** ، الطبعة الأولى، الدار العالمية للنشر و التوزيع، الجيزة، 2008م.

25 – محمد (عبد الهادي محمد)، **دراسات علمية في ترميم و صيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، دون تاريخ.

26 – محمد صبري (محسوب)، **مبادئ الجغرافية الطبيعية**، القاهرة، دون تاريخ

قائمة المقالات بالغة العربية:

27 – حفيظة (لعياظي)، <<نظرة في التطور الحضاري لنوميديا الشرقية >> ، **الأوراس عبر التاريخ**، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2014م، ص 95-116

28 – عبد القادر (دحدوح)، <<أثر العوامل البشرية في تلف المعالم و المواقع الأثرية>>، مجلة آثار العدد 07، جامعة الجزائر 2008م، 127- 170.

29 – محمد الشريف (حسين)،<<مواقع فجر التاريخ بالأوراس منطقة واد الطاقة نموذجا >>، **الأوراس عبر التاريخ**، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2014م، ص293-300

30 – يوسف (قاسمي)، << سؤال الثورة في الولاية الأولى – أوراس النمامشة ورد الفعل الإستعماري>>، **الأوراس عبر التاريخ** ، منشورات المتحف العمومي بخنشلة، 2013م، ص 231-278

قائمة التقارير باللغة العربية:

31 – تغليسية (محمد)، تقرير حول أعمال و تقويم قبر مادغوس، تيمقاد، 1973م

32 – تغليسية (محمد)، **تقرير حول ترميم قبر مادغوس**، الجزائر، 1980م

قائمة الكتب بالغة الأجنبية:

33- Adam (J.P), **La construction romaine : matériaux et techniques**, troisième édition, Paris , 1995

34- Bromblet (PH), **guide sur les techniques de conservation de la pierre**, 2010

35- Bromblet (Ph), **Guide « Altérations de la pierre »**, 2010.

36- Cailleux (A), **les roches**, presses universitaires de France, Paris, 1952

37- Camps (G), **aux origines de la béribérie monuments et rites funéraires protohistoriques**, Paris.

38- Camps (G), « note de protohistoire nord-africaine et saharienne »; dans : **Libyca**, tome XVIII, Alger, 1970.

39- Camps (G), " nouvelles observation sur l'architecture et l'âge du Medracen mausolée royal de Numidie", dans : **compte rendus de l'académie des inscription**, sans lieu, 1973
40- Christofle (M), **le tombeau da la chrétienne,** Paris, 1951.
41- Froidevaux (J.M), **Techniques de l'architecture ancienne : construction et restauration,** Pierre Margada éditeur, Paris, 1985
42- Jean-Marie Blas De Roblès, Claude Sintes, **Sites et monuments antiques de l'Algérie**, France, 2003.
43- Gsell (S), **Histoire ancienne de l'Afrique du nord, tome VI,** 1972.
44- Gsell (S), **Les monuments antiques de l'Algérie**, tome I, Paris, 1901.
45- Gsell (S), **promenades archéologique aux environs d'Alger, Cherchell, Tipasa, le Tombeau de la chrétienne** , Alger, 1896.
46- Lancel (S), Boucheneki (M), **Tipaza Maurétanie**, Alger, 1990.
47- Lezine (A), **Note sur la consolidation des monuments historiques de Tunisie**, imprimerie[1] officielle de la Tunisie, Tunis, 1953
48- ONM, **Résumé annuel du temps en Algérie,** Alger, 1994
49- ONM, **Résumé annuel du temps en Algérie,** Alger, 2004
50- ORGM, **Carte des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Tipaza** , éditions du service géologique de l'Algérie , Boumerdes, 1999 .
51- ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie :wilaya de Constantine** , éditions du service géologique de l'Algérie, Boumerdès, 1999
52- ORGM, **Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie " Wilaya de Batna",** éditions du service géologique de l'Algérie, Boumerdès, 1998
53- Pamart (H), « étude sur le MADRACEN (tombeau de Syphax) et le KEBEUR ROUMIA (tombeau de la chrétienne), dans : **revue Africaine**, n° 61, Alger, 1920.
54- Pomerol (CH), Fouet (R), **Les roches sédimentaires**, presses universitaires de France, Paris, 1953
55- Shaw (T), **Voyage dans la régence d'Alger au XVIII e siècle**, traduit par: Carthy (E.M), grande Alger livres éditions, Alger, 2007.
56- Torraca (G), **matériaux de construction poreux**, ICCROM, Italie, 1986.

قائمة المقالات باللغة الأجنبية:

57- Caneva (G), Salvadori (O), "altération biologique de la pierre" dans: **La dégradation et la conservation de la pierre** , texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre , publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO , 1985.

58- Lazzarini (L), « Genèse et classification des roches », dans : **la degradation et la conservation de la pierre**, texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre, publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985

59- Rockwell (P), " Aspect techniques de la taille de la pierre», dans : **la dégradation et la**[1] **conservation de la pierre** , texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre , publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1985

60- Torraca (G)," l'état actuel des connaissances sur les altérations des pierres: causes et méthodes de traitement", dans: **matériaux et constructions**, vol.7, N 42, 1974

قائمة التقارير باللغة الأجنبية:

61- A.C,"le mausolée du roi Aradion", **Annuaire de la société archéologique de la province de Constantine**, Constantine, 1854 ,1855

62- Becker (F), "Essai sur le Madr'asen", **Annuaire de la société Archéologique dela province de Constantine**, tome II, Abadie libraire, Constantine, 1854-1855

63- Bennacer (F), Harichane (N), **Etude pour la réalisation d'un circuit touristique au mausolée royal de Mauritanie**, B.E.A.U. Hariche Nora, Chlef, sans date.

64- Brunon, « mémoire sur les fouilles exécutées au Madras'en mausolée des rois numide », dans: **Recueil des notices et mémoire de la société archéologique de la province de Constantine**, volume 16, Alger, 1874

65- Donati (P), **Rapport sur le Medracen**, sans lieu, 1972

66- Foy, " le Madrazen», dans: **Recueil de Constantine**, tome III, Bastide libraire éditeur, Alger, 1856-1857


ملحق الوثائق

ORGM	ENREGISTREMENT SYSTEME QUALITE	Edition 06/04/2016
	Fiche d'analyse	**ENR. 9852-4**

RAPPORT D'ESSAI

Commande	001/2016
Nature et référence de l'échantillon	Minerai
Date de réception	
Date de l'essai	

Nature des essais	**code**	**Nombre**
-Analyse chimique des éléments majeurs par Fluorescence X -Analyse minéralogique -Essais de géotechnique.		02

ESSAIS REALISES :

- Détermination des éléments par Fluorescence X.
- Détermination et identification des minéraux par la méthode de la diffraction des rayons X.
- Humidité naturelle, Absorption d'eau, Masse spécifique, porosité.

MODALITES DES ESSAIS :

I. ANALYSE CHIMIQUE :

- Appareillage utilisé : SPECTROMETRE AXIOS PANalytical.
- Seuil de détection de l'ordre de 0.05%.
- Teneur exprimée en pourcentage (%).
- Méthode de préparation utilisée par notre laboratoire : Pastille avec mélange (d'acide borique et cellulose), puis passage au spectromètre.
- Etalonnage par des standards internationaux.

II. ESSAIS DE GEOTECHNIQUE : Les essais ont été réalités selon les normes:

- Humidité naturelle **NF EN 1097- :1999**
- Absorption **NF EN 1097-6 : 2001**
- Masse spécifique et porosité **NF EN 1097-7 : 1999**

III. ANALYSE MINERALOGIQUE :

- Appareillage utilisé: DIFFRACTOGRAMME XPERT-PRO.
- LOGICIEL: DATA COLLECTOR, HIGHT SCORE.

2

ORGM	ENREGISTREMENT SYSTEME QUALITE	Edition 06/04/2016
	Fiche d'analyse	**ENR. 9852-4**

I. ANALYSE CHIMIQUE :

N°	N° D'écht	« Analyse par Fluorescence X » Teneur en %										
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5	PAF
01	TIPAZA	6.24	0.61	1.30	50.04	1.19	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.95	40.96
02	Constantine	<0.05	0.84	0.22	53.88	0.73	0.40	<0.05	<0.05	<0.05	1.13	44.16

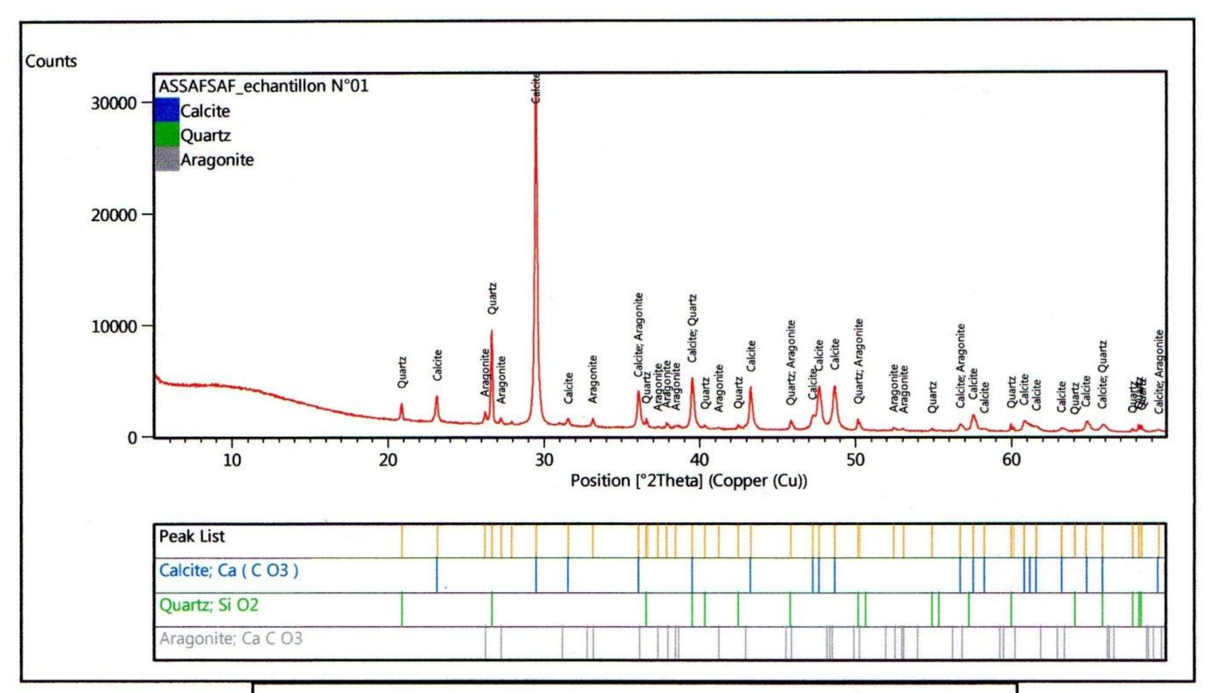
II. ESSAIS DE GEOTECHNIQUE :

N° Echant	Lieu de prélèvement	Humidité naturelle (%)	Masse spécifique (g/cm^3)	Porosité (%)	Absorption (%)
01	Tipaza	0.29	2.66	35.41	17.04
02	Constantine	0.11	2.60	3.85	1.34

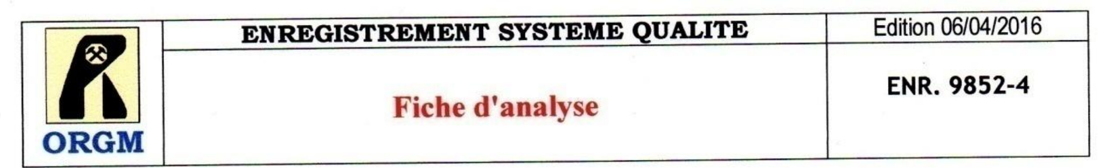
3

ORGM	ENREGISTREMENT SYSTEME QUALITE	Edition 06/04/2016
	Fiche d'analyse	**ENR. 9852-4**

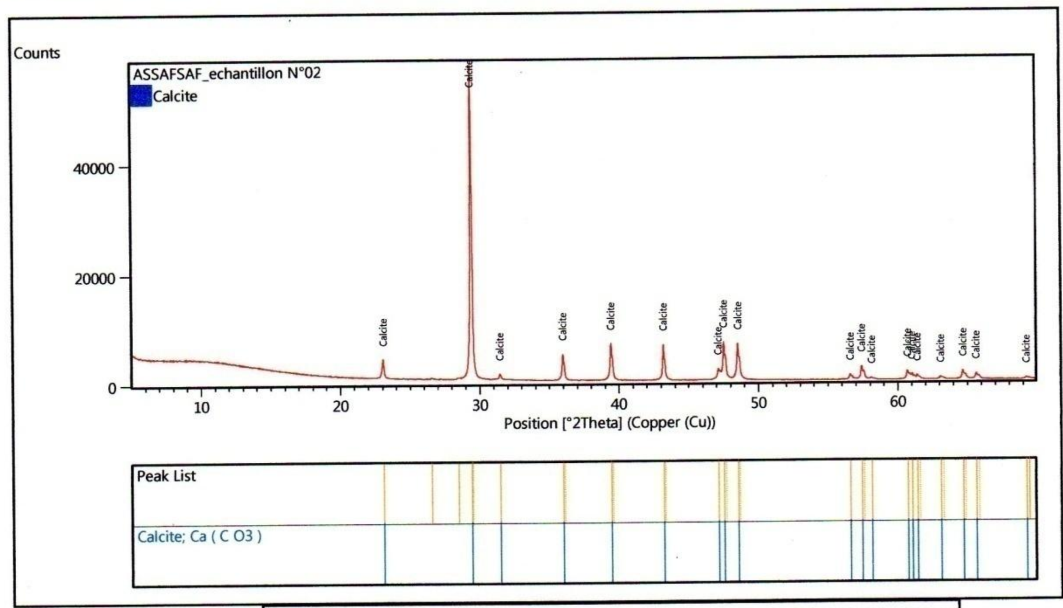
III. ANALYSE MINERALOGIQUE :



Diffractogramme aux rayons X de l'échantillon N°01TIPAZA



ORGM	ENREGISTREMENT SYSTEME QUALITE	Edition 06/04/2016
	Fiche d'analyse	ENR. 9852-4



Diffractogramme aux rayons X de l'échantillon N°02 Constantine

Commentaire:

L'analyse des échantillons par la méthode de la diffraction des rayons X montre que:

L'échantillon N°01 est composé de la calcite, quartz et aragonite.

L'échantillon N°02 est composé essentiellement de la calcite.

DEPARTEMENT DE LABORATOIRE ET VALORISATION :

N.MENDILI

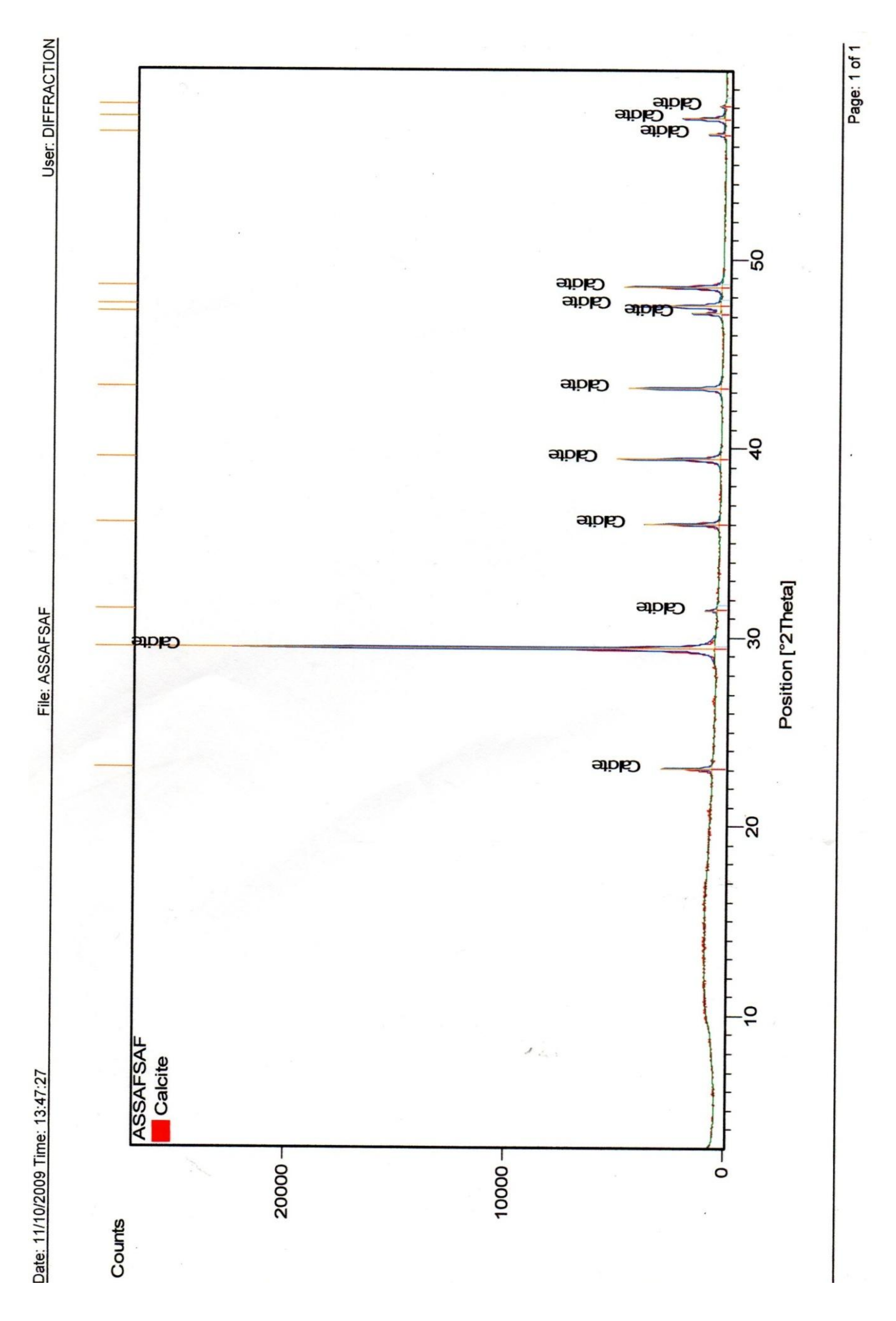
ANALYSTES:

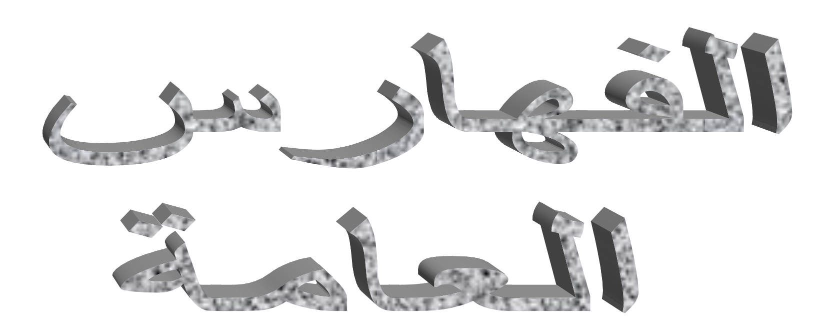
K.ALMOUBOUDI

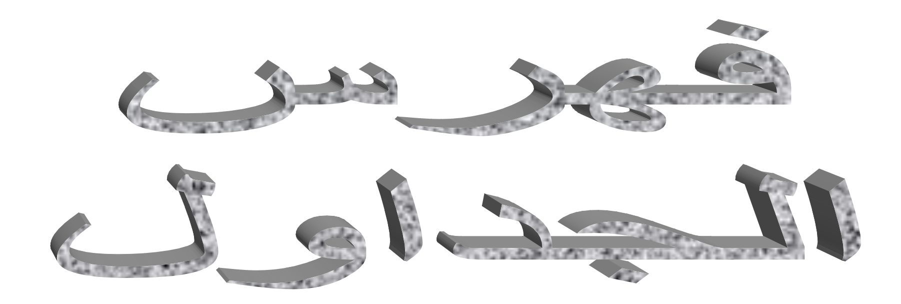
K.TAMI

R.FERHI

5


Date: 11/10/2009 Time: 13:47:27
File: ASSAFSAF
User: DIFFRACTION
Counts
ASSAFSAF
Calcite
Position [°2Theta]
Page: 1 of 1


الفهارس
العامة


فهرس
الجداول

فهرس الجداول:

الجداول **الصفحات**

جدول رقم (01): المعدل الشهري لدرجات الحرارة المتوسطة (°م) بولاية تيبازا.......................37

جدول رقم (02): المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا (°م) بولاية تيبازا..........................39

جدول رقم (03): المعدل الشهري لدرجات الحرارة القصوى (°م) بولاية تيبازا.......................40

جدول رقم (04): المعدل الشهري للرطوبة النسبية المتوسطة (%)بولاية تيبازا.......................41

جدول رقم (05): المعدل الشهري للرطوبة النسبية الدنيا (%) بولاية تيبازا..........................43

جدول رقم (06): المعدل الشهري للرطوبة النسبية القصوى (%) بولاية تيبازا.......................44

جدول رقم (07): كمية التساقط خلال الشهر (مم) بولاية تيبازا..................................46

جدول رقم (08): المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا) بولاية تيبازا...............................48

جدول رقم (09): المعدل الشهري لمتوسط درجات الحرارة (°م) لولاية قسنطينة....................89

جدول رقم (10): المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا (°م) لولاية قسنطينة......................91

جدول رقم (11): المعدل الشهري لدرجات الحرارة القصوى (°م) لولاية قسنطينة....................92

جدول رقم (12): المعدل الشهري للرطوبة النسبية (%) لولاية قسنطينة............................93

جدول رقم (13): الرطوبة النسبية الدنيا (%) لولاية قسنطينة......................................95

جدول رقم (14): الرطوبة النسبية القصوى (%) لولاية قسنطينة...................................96

جدول رقم (15): كمية التساقط خلال أشهر السنة (مم) بولاية قسنطينة 97

جدول رقم (16): المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا) بولاية قسنطينة............................99

جدول رقم (17): المعدل الشهري لدرجات الحرارة المتوسطة (°م) لولاية باتنة....................125

جدول رقم (18): المعدل الشهري لدرجات الحرارة الدنيا (°م) لولاية باتنة.........................126

جدول رقم (19): المعدل الشهري لدرجات الحرارة القصوى (°م) لولاية باتنة.......................128

جدول رقم (20): المعدل الشهري للرطوبة النسبية المتوسطة (%) لولاية باتنة 129

جدول رقم (21): الرطوبة النسبية الدنيا (%) لولاية باتنة..131

جدول رقم (22): الرطوبة النسبية القصوى (%) لولاية باتنة 132

جدول رقم (23): كمية التساقط خلال أشهر السنة (مم) بولاية باتنة..............................133

جدول رقم (24): المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا) بولاية باتنة................................135

جدول رقم (25): أهم أنواع الصخور الرسوبية الكيميائية 196

جدول رقم (26): جدول يمثل سلم موه للقساوة..228

جدول رقم (27): بعض مصادر الأملاح القابلة للذوبان 296

جدول رقم (28): الخصائص العامة لراتنجي LEDAN TA1 و LEDAN TA2 351

جدول رقم (29): قساوة المواد المستعملة في التنظيف بطريقة النسف الدقيق........................369

جدول رقم (30): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني 447

جدول رقم (31): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني. 449

جدول رقم (32): تغيرات درجة الحرارة ونسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد في الضريح الملكي الموريطاني.. 451

جدول رقم (33): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني.. 455

جدول رقم (34): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني.. 457

جدول رقم (35): تغيرات درجة الحرارة ونسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد في فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني..459

جدول رقم (36): الخصائص الفيزيائية لعينة من حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني.. 462

جدول رقم (37): التركيبة الكيميائية للصخور المستعملة في بناء الضريح الملكي الموريطاني.. 463

جدول رقم (38): نتائج الصدم الحراري.. 465

جدول رقم (39): نتائج قياس الكتل أثناء التجربة..467

جدول رقم (40): نتائج قياس نسبة الكتلة المفقودة..468

جدول رقم (41): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الصيف في ضريح الخروب 489

جدول رقم (42): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح الخروب 491

جدول رقم (43): تغيرات درجة الحرارة ونسبة الرطوبة خلال اليوم الواحد في ضريح الخروب 493

جدول رقم (44): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الشتاء في ضريح الخروب 497

جدول رقم (45): ملخص لنسب الر طوبة المسجلة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب 499

جدول رقم (46): تغيرات درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في اليوم الواحد خلال فصل الشتاء بضريح الخروب 500

جدول رقم (47): الخصائص الفيزيائية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح الخروب 504

جدول رقم (48): التركيبة الكيميائية للصخور المستعملة في بناء ضريح الخروب 505

جدول رقم (49): نتائج الصدم الحراري 507

جدول رقم (50): نتائج قياس الكتل أثناء التجربة 508

جدول رقم (51): نتائج قياس نسبة الكتلة المفقودة 509

جدول رقم (52): ملخص لدرجات الحرارة المسجلة في فصل الصيف في ضريح إمدغاسن 531

جدول رقم (53): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة خلال فصل الصيف في ضريح إمدغاسن 533

جدول رقم (54): ملخص لدرجات الحرارة لمدة شهر من فصل الشتاء في ضريح إمدغاسن 536

جدول رقم (55): ملخص لنسب الرطوبة المسجلة لمدة شهر من فصل الشتاء في ضريح إمدغاسن 538

جدول رقم (56): الخصائص ال فيزيائية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح المدغاسن 541

جدول رقم (57): التركيبة الكيميائية للصخور المستعملة في بناء ضريح المدغاسن..............542
جدول رقم (58): نتائج الصدم الحراري 544
جدول رقم (59): نتائج قياس الكتل أثناء التجربة 545
جدول رقم (60): مقارنة الأضرحة الثلاثة المدروسة...556


فهرس
الأشكال

فهرس الأشكال:

الأشكال **الصفحات**

شكل رقم (01):خريطة تبين الموقع الجغرافي لولاية تيبازا..28

شكل رقم (02):خريطة تبين الموقع الجغرافي للضريح الملكي الموريطاني..........................32

شكل رقم (03):خريطة طبوغرافية لمنطقة بوفاريك–تيبازا...................................33

شكل رقم (04): خريطة جيولوجية لولاية تيبازا...36

شكل رقم (05): منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلال أشهر السنة في ولاية تيبازا............38

شكل رقم (06): منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة بولاية تيبازا...........42

شكل رقم (07): أعمدة بيانية تمثل نسبة التساقط خلال أشهر السنة بولاية تيبازا.................47

شكل رقم (08): إعادة تشكيل الضريح الملكي الموريطاني....................................50

شكل رقم (09): العمود الأيوني في قبر الرومية..52

شكل رقم (10): تيجان الأعمدة التي تؤطر الأبواب الوهمية في قبر الرومية......................52

شكل رقم (11): باب وهمي تؤطره أعمدة و تيجان على الطراز الأيوني في قبر الرومية..........53

شكل رقم (12): مخطط القسم الداخلي للضريح الملكي الموريطاني..........................56

شكل رقم (13): خريطة توضيح الموقع الجغرافي لولاية قسنطينة..............................75

شكل رقم (14): خريطة طبوغرافية لولاية قسنطينة تبين موقع ضريح الخروب.................85

شكل رقم (15): خريطة تبين موقع ضريح الخروب...86

شكل رقم (16): خريطة جيولوجية لولاية قسنطينة...88

شكل رقم (17): منحنى بياني لتغيرات درجة الحرارة خلا ل أشهر السنة في ولاي ة قسنطينة..90

شكل رقم (18): منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة......94

شكل رقم (19): أعمدة بيانية لتغيرات كمية التساقط خلال أشهر السنة في ولاية قسنطينة........98

شكل رقم (20): إعادة تشكيل ضريح الخروب...102

شكل رقم (21): نماذج للكورنيش ذات العنق المصري المستعملة في بعض الأضرحة...........104

شكل رقم (22): خريطة توضيح الموقع الجغرافي لولاية باتنة................................114

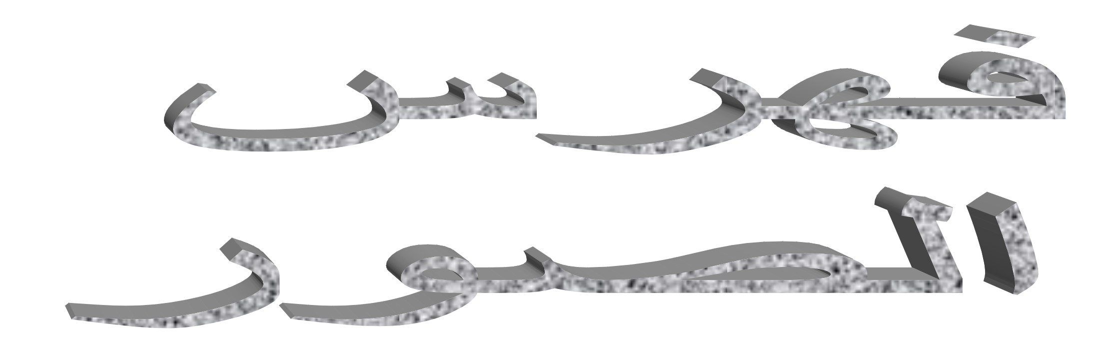
شكل رقم (23): خريطة تبين موقع ضريحإمدغاسن...117

شكل رقم (24): خريطة طبوغرافية لولاية باتنة مبين عليها موقع ضريح إمدغاسن...............119
شكل رقم (25): خريطة جيولوجية لولاية باتنة 121
شكل رقم (26): خريطة جيولوجية لولاية باتنة موضحين عليها أهم مقاط ع الحجارة الجيرية المتواجدة بالقرب من ضريح إمدغاسن 123
شكل رقم (27): منحنى بياني لتغيرا ت درجة ا لحرارة خلال أشهر السنة في ولاي ة باتنة...126
شكل رقم (28): منحنى بياني لتغيرات الرطوبة النسبية خلال أشهر السنة بولاية باتنة 130
شكل رقم (29): أعمدة بيانية لتغيرات كمية التساقط خلال أشهر السنة في ولاية باتنة 134
شكل رقم (30): مخطط يمثل القسم الخارجي لإمدغاسن 137
شكل رقم (31): مخطط القسم الداخلي لإمدغاسن 137
شكل رقم (32): إعادة تصور الشكل الأصلي لضريح المدغاسن 138
شكل رقم (33): مخطط عمودي دوري 140
شكل رقم (34): تساقط حجارة الكرنيش في ضريح إمدغاسن 141
شكل رقم (35): مقطع طولي لضريح المدغاسن يبين الجزء الداخلي فيه........................144
شكل رقم (36): الأصول الهندوسية للمدغاسن 147
شكل رقم (37): نسيج دقيق 188
شكل رقم (38): رسم تخطيطي يوضح طرق تكوين الصخور الرسوبية..........................194
شكل رقم (39): دورة الصخور في الطبيعة...215
شكل رقم (40): تأثير التحميل الكبير والمتغيرات الجوية على الطبقات الرأسية..................224
شكل رقم (41): تأثير المتغيرات الجوية على الطبقات الأفقية 225
شكل رقم (42): قلع الحجارة 243
شكل رقم (43): الحجارة بعد استخراجها من المحجرة 245
شكل رقم (44): مخطط يمثل طريقة قلع الأحجار 245
شكل رقم (45): المحاجر المكشوفة 247
شكل رقم (46): رسومات تخطيطية لأدوات نحت الحجر 249
شكل رقم (47): عملية نقل الحجر 250

شكل رقم (48): عملية نقل الحجر بالحبال 251
شكل رقم (49): الطرق المختلفة لرفع الأحجار 252
شكل رقم (50): ميكانيكا نمو البلورة الملحية في عمق الحجر وبالقرب من السطح 281
شكل رقم (51): الحالات المختلفة للجدران التي تأثرت بالزلازل...............................305
شكل رقم (52): مخطط يمثل أماكن التخريب البشري على شكل حفر داخل الضريح الملكي الموريطاني...309
شكل رقم (53): الإضرار بالأساسات 336
شكل رقم (54): مقاومة المقويات غير العضوية لعامل القدم وعدم مقاومتها للصدمات الميكانيكية.. 384
شكل رقم (55): مقاومة المقويات العضوية للصدمات الميكانيكية وعدم مقاومتها لعامل القدم...385
شكل رقم (56): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة والرطوبة خلال فصل الصيف في الضريح الملكي الموريطاني...446
شكل رقم (57): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة والرطوبة خلال فصل الشتاء في الضريح الملكي الموريطاني 447
شكل رقم (58): التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني...464
شكل رقم (59): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة والرطوبة خلال فصل الصيف في منطق ة الخروب...488
شكل رقم (60): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة والرطوبة خلال فصل الشتاء في ضريح الخروب...496
شكل رقم (61): التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح الخروب...506
شكل رقم (62): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة والرطوبة خلال فصل الصيف في ضريح المدغاسن...530

شكل رقم (63): منحنى بياني يمثل تغيرات الحرارة والرطوبة خلال فصل الشتاء في ضريح المدغاسن 535

شكل رقم (64): التركيبة المعدنية لعينة من حجارة البناء المستعملة في ضريح المدغاسن.. 543


فهرس
الصور

فهرس الصور:

الصور **الصفحات**

صورة رقم (01): الأنواع الأربعة من مشابك التثبيت المستعملة في الضريح الملكي الموريطاني...54
صورة رقم (02): أماكن وضع المشابك لشد الحجارة مع بعضها...........................54
صورة رقم (03): المبنى الأمامي في الضريح الملكي الموريطاني..........................55
صورة رقم (04): المدخل الحقيقي في الضريح الملكي الموريطاني.........................57
صورة رقم (05): بهو الأسود بقبر الرومية...58
صورة رقم (06): نقش يمثل أسد و لبؤة بقبر الرومية.......................................58
صورة رقم (07): جزء من الرواق المستدير في قبر الرومية..................................59
صورة رقم (08): علامات معامل الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني..........66
صورة رقم (09): النقش البارز على الأبواب الوهمية في الضريح الملكي الموريطاني............70
صورة رقم (10): ضريح الخروب...100
صورة رقم (11): أقسام الطابق السفلي لضريح الخروب......................................101
صورة رقم (12): القسم العلوي لضريح الخروب..101
صورة رقم (13): عمود دوري لإمدغاسن..140
صورة رقم (14): كورنيش إمدغاسن..140
صورة رقم (15): نقوش الألعاب في إمدغاسن...142
صورة رقم (16): تعويض الحجارة المفقودة بأخرى أنشأت باستعمال الإسمنت....................153
صورة رقم (17): نسيج خشن...187
صورة رقم (18): نسيج بورفيري..188
صورة رقم (19): حجر جيري سرئي...203
صورة رقم (20): نسيج متورق..211
صورة رقم (21): نسيج مخطط...212
صورة رقم (22): نسيج محبب...212
صورة رقم (23): Opus siliceum...253

صورة رقم (24): Opus quadratum بفواصل منحرفة..................................254
صورة رقم (25): Opus quadratum بفواصل منحرفة ومؤطرة..........................254
صورة رقم (26): Opus africanum..255
صورة رقم (27): Appareil en damier..256
صورة رقم (28): Opus incertum..257
صورة رقم (29): Opus réticulatum..257
صورة رقم (30): Opus vitatum..258
صورة رقم (31): Opus testaceum..259
صورة رقم (32): تقنية بناء الضريح الملكي الموريطاني..................................260
صورة رقم (33): تقنية بناء ضريح الخروب..................................261
صورة رقم (34): تقنية بناء ضريح المدغاسن..................................262
صورة رقم (35): تقشر سطح الحجر لاحتوائه على الطين..................................283
صورة رقم (36): استعمال الإسمنت في الضريح الملكي الموريطاني..................................311
صورة رقم (37): تقشر السطح..................................323
صورة رقم (38): تقشر السطح في ضريح الخروب..................................324
صورة رقم (39): تقشر السطح في الضريح الملكي الموريطاني..................................324
صورة رقم (40): تقشر السطح في ضريح إمدغاسن..................................325
صورة رقم (41): تفتت الصخر..................................325
صورة رقم (42): تفتت الحجر في الضريح الملكي الموريطاني..................................325
صورة رقم (43): تفتت الحجر في ضريح إمدغاسن..................................326
صورة رقم (44): نمو النباتات..................................326
صورة رقم (45): نمو النباتات في الضريح الملكي الموريطاني..................................326
صورة رقم (46): نمو النباتات في ضريح الخروب..................................327
صورة رقم (47): نمو النباتات في ضريح إمدغاسن..................................327
صورة رقم (48): الأشنات..................................327
صورة رقم (49): نمو الأشنات في الضريح الملكي الموريطاني..................................327

صورة رقم (50): نمو الأشنات في ضريح الخروب 328
صورة رقم (51): نمو الأشنات في ضريح إمدغاسن 328
صورة رقم (52): الطحالب 329
صورة رقم (53): نمو الطحالب في الضريح الملكي الموريطاني 329
صورة رقم (54): نمو الطحالب في ضريح الخروب 329
صورة رقم (55): انتشار العفن 330
صورة رقم (56): انتشار العفن في الضريح الملكي الموريطاني 330
صورة رقم (57): تشقق الصخر 331
صورة رقم (58): التشققات في الضريح الملكي الموريطاني 332
صورة رقم (59): التشققات في ضريح الخروب 332
صورة رقم (60): التشققات في ضريح إمدغاسن 332
صورة رقم (61): تجوف الصخر 333
صورة رقم (62): التجوف في الضريح الملكي الموريطاني 333
صورة رقم (63): التجوف في ضريح الخروب 333
صورة رقم (64): التجوف في ضريح إمدغاسن 333
صورة رقم (65): تخشن السطح 334
صورة رقم (66): تخشن السطح في الضريح الملكي الموريطاني 334
صورة رقم (67): تخشن السطح في ضريح الخروب 335
صورة رقم (68): تخشن السطح في ضريح إمدغاسن 335
صورة رقم (69): تغير اللون 337
صورة رقم (70): تغير اللون في الضريح الملكي الموريطاني 337
صورة رقم (71): تغير اللون في ضريح الخروب 337
صورة رقم (72): تغير اللون في ضريح إمدغاسن 337
صورة رقم (73): الطفح الملحي 338
صورة رقم (74): الطفح الملحي في الضريح الملكي الموريطاني 338
صورة رقم (75): الطفع الملحي في ضريح إمدغاسن 338

صورة رقم (76):الكتابة على الحجر عن طريق الخدش..339
صورة رقم(77): الكتابة على الحجر باستعمال الألوان 339
صورة رقم (78): الكتابة على الحجر بالخدش في الضريح الملكي الموريطاني..................340
صورة رقم (79): الكتابة على الحجر بالألوان في الضريح الملكي الموريطاني..................340
صورة رقم (80): الكتابة على الحجر بالخدش في ضريح الخروب 340
صورة رقم (81): الكتابة على الحجر بالألوان في ضريح الخروب 340
صورة رقم (82): الكتابة على الحجر بالألوان في ضريح إمدغاسن 340
صورة رقم (83): الكتابة على الحجر بالخدش في ضريح إمدغاسن 340
صورة رقم (84): فقدان جزء من المبنى 341
صورة رقم (85): فقدان الباب الوهمي الجنوبي في الضريح الملكي الموريطاني 341
صورة رقم (86): فقدان الجزء العلوي في ضريح الخروب....................................341
صورة رقم (87): فقدان بعض حجارة البناء في ضريح إمدغاسن 341
صورة رقم (88): الأنابيب البلاستيكية والإبر الثبتة على الجدران 353
صورة رقم (89): طريقة الحقن 354
صورة رقم (90): التنظيف بطريقة النسف الدقيق 368
صورة رقم (91): الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني 420
صورة رقم (92): القاعدة المربعة في الضريح الملكي الموريطاني..............................421
صورة رقم (93): المدخل الحقيقي للضريح الملكي الموريطاني 421
صورة رقم (94): الباب الوهمي الشرقي للضريح الملكي الموريطاني............................422
صورة رقم (95): الزخرفة المتواجدة أعلى الباب الوهمي الشرقي للضريح الملكي الموريطاني.....422
صورة رقم (96): المبنى الأمامي للضريح الملكي الموريطاني 423
صورة رقم (97): الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني..............................424
صورة رقم (98): الأعمدة المتواجدة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني 425
صورة رقم (99): حجارة البناء المنتشرة حول الضريح الملكي الموريطاني......................425
صورة رقم (100): الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني 426
صورة رقم (101): القاعدة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني......................426

صورة رقم (102): الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني 427
صورة رقم (103): القاعدة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني 428
صورة رقم (104): نمو النباتات في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني 429
صورة رقم (105): نمو النباتات في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني 429
صورة رقم (106): نمو النباتات في الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني 430
صورة رقم (107): نمو النباتات في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني 430
صورة رقم (108): الطحالب على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني 431
صورة رقم (109): الأشنات على الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني 431
صورة رقم (110): الأشنات على الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني 431
صورة رقم (111): الأشنات على الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني....................432
صورة رقم (112): الأشنات على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني 432
صورة رقم (113): تشقق الحجارة في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني 433
صورة رقم (114): تشقق الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي االموريطاني.............433
صورة رقم (115): تشقق الحجارة في الواجهة الغربية للضريح الملكي االموريطاني 433
صورة رقم (116): تشقق الحجارة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي االموريطاني 433
صورة رقم (117): تفتت الحجارة في الواجهة الشرقية للضريح الملكي االموريطاني..............434
صورة رقم (118): تفتت الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي االموريطاني 434
صورة رقم (119): تآكل الحجارة في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني 434
صورة رقم (120): تآكل الحجارة في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني..............434
صورة رقم (121): تخشن السطح في الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني 435
صورة رقم (122): تخشن السطح في الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني..............435
صورة رقم (123): تخشن السطح في الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني..............435
صورة رقم (124): تخشن السطح في الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني 435
صورة رقم (125): استعمال الإسمنت في الترميم في الضريح الملكي الموريطاني 436
صورة رقم (126): استعمال الحديد في الترميم في الضريح الملكي الموريطاني.................436

صورة رقم (127): هدم الباب الوهمي الجنوبي للضريح الملكي الموريطاني أثناء الحفريات العشوائية...436

صورة رقم (128): الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني..437

صورة رقم (129): الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني..437

صورة رقم (130): الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني..437

صورة رقم (131): الكتابة على الحجارة بالأقلام على الواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني..437

صورة رقم (132): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني..438

صورة رقم (133): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الج نوبية للضريح الملكي الموريطاني..438

صورة رقم (134): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني..438

صورة رقم (135): الكتابة بالخدش على الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني..438

صورة رقم (136): إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني..........439

صورة رقم (137): إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني.........439

صورة رقم (138): إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني......... 440

صورة رقم (139): إختلاف ألوان الحجارة بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطان........440

صورة رقم (140): الأملاح بالواجهة الشرقية للضريح الملكي الموريطاني.......................441

صورة رقم (141): الأملاح بالواجهة الجنوبية للضريح الملكي الموريطاني.......................441

صورة رقم (142): الأملاح بالواجهة الغربية للضريح الملكي الموريطاني.......................441

صورة رقم (143): الأملاح بالواجهة الشمالية للضريح الملكي الموريطاني.......................441

صورة رقم (144): جهاز قياس الرطوبة والحرارة 443

صورة رقم (145): جهاز القراءة 443

صورة رقم (146): الزر المثبت في الضريح الملكي الموريطاني 444

صورة رقم (147): اختيار العينة من الموقع 461

صورة رقم (148): الواجهة الشرقية لضريح الخروب 474

صورة رقم (149): الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 475

صورة رقم (150): الواجهة الغربية لضريح الخروب 476

صورة رقم (151): الواجهة الشمالية لضريح الخروب 477

صورة رقم (152): النباتات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب 478

صورة رقم (153): النباتات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 478

صورة رقم (154): النباتات في الواجهة الغربية لضريح الخروب 479

صورة رقم (155): النباتات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب 479

صورة رقم (156): الأشنات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب 479

صورة رقم (157): الأشنات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 479

صورة رقم (158): الأشنات في الواجهة الغربية لضريح الخروب 480

صورة رقم (159): الأشنات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب 480

صورة رقم (160): التشققات في الواجهة الشرقية لضريح الخروب 480

صورة رقم (161): التشققات في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 480

صورة رقم (162): التشققات في الواجهة الغربية لضريح الخروب 481

صورة رقم (163): التشققات في الواجهة الشمالية لضريح الخروب 481

صورة رقم (164): تآكل الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب 481

صورة رقم (165): تآكل الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 481

صورة رقم (166): تآكل الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب 482

صورة رقم (167): تآكل الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب 482

صورة رقم (168): تخشن السطح في الواجهة الشرقية لضرح الخروب 482

صورة رقم (169): تخشن السطح في الواجهة الجنوبية لضرح الخروب 482

صورة رقم (170): تخشن السطح في الواجهة الغربية لضرح الخروب 483

صورة رقم (171): تخشن السطح في الواجهة الشمالية لضرح الخروب.......................... 483

صورة رقم (172): الكتابة على الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب 483

صورة رقم (173): الكتابة على الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 483

صورة رقم (174): الكتابة على الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب 484

صورة رقم (175): الكتابة على الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب 484

صورة رقم (176): تغير لون الحجر في الواجهة الشرقية لضريح الخروب....................... 484

صورة رقم (177): تغير لون الحجر في الواجهة الجنوبية لضريح الخروب 485

صورة رقم (178): تغير لون الحجر في الواجهة الغربية لضريح الخروب 485

صورة رقم (179): تغير لون الحجر في الواجهة الشمالية لضريح الخروب 486

صورة رقم (180): الزر المثبت في ضريح الخروب 487

صورة رقم (181): اختيار العينة من الموقع.. 503

صورة رقم (182): الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن مع توضيح تغطية المدخل الحقيقي..... 517

صورة رقم (183): الواجهة الشرقية لضريح إمدغاسن 517

صورة رقم (184): الواجهة الشمالية لضريح إمدغاسن (2009م) 518

صورة رقم (185): الواجهة الشمالية لضريح إمدغاسن(2016م) 519

صورة رقم (186): الواجهة الغربية لضريح إمدغاسن (2008م) 520

صورة رقم (187): الواجهة الغربية لضريح إمدغاسن (2016م) 520

صورة رقم (188): الواجهة الجنوبية لضريح إمدغاسن (2008م) 521

صورة رقم (189): الواجهة الجنوبية لضريح إمدغاسن (2016م) 522

صورة رقم (190): النباتات في ضريح المدغاسن 523

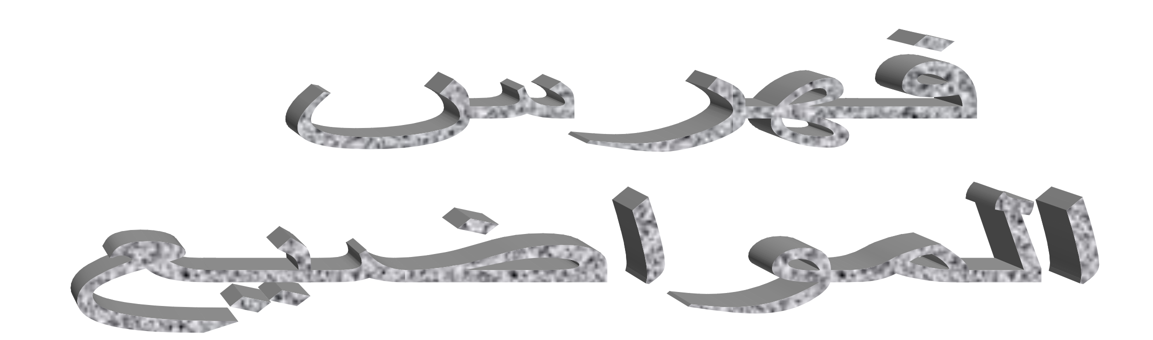
صورة رقم (191): انتشار الأشنات في ضريح المدغاسن.................................. 523

صورة رقم (192): انتشار الطحالب في ضريح المدغاسن.................................. 524

صورة رقم (193): التشققات الأفقية في ضريح المدغاسن................................. 524

صورة رقم (194): تآكل الحجارة في ضريح المدغاسن.................................. 525

صورة رقم (195): تخشن السطح في ضريح المدغاسن..526
صورة رقم (196): استعمال الإسمنت في الترميم في ضريح المدغاسن...............................526
صورة رقم (197): الخدش على الحجارة في ضريح المدغاسن...527
صورة رقم (198): الكتابة باستعمال الأصبغة في ضريح المدغاسن..................................527
صورة رقم (199): تغير اللون في ضريح المدغاسن..528
صورة رقم (200): تثبيت أزرار الرطوبة والحرارة على حجارة الضريح...........................529
صورة رقم (201): إختيار العينة من ضريح المدغاسن..540


فهرس
المواضيع

فهرس المواضيع:

العناوين	الصفحات
الإهداء	
كلمة شكر	
قائمة المختصرات	
قائمة المصطلحات	
الملخص	
مقدمة	10
الباب الأول: عموميات حول الأضرحة المدروسة...	**18**
مقدمة.........	23
الفصل الأول: عموميات حول الضريح الملكي الموريطاني	25
تمهيد	27
1-التعريف بولاية تيبازا و تاريخها	28
1-1-التعريف بولاية تيبازا	28
1-2-تاريخ الولاية	29
1-2-1-فترة ما قبل التاريخ...	29
1-2-2- الفترة الفينيقية البونية..	30
1-2-3-فترة الممالك الموريطانية..	30
1-2-4-الفترة الرومانية	30
1-2-5-الفترة الإسلامية	31
2-الإطار الجغرافي و المناخي للضريح الملكي الموريطاني	31
2-1-الموقع الجغرافي..	31
2-2-المعطيات الطبيعية للمنطقة	34
2-3-الدراسة الجيولوجية للمنطقة	35
2-4-المناخ	37

2-4-1-الحرارة 37
2-4-2-الرطوبة النسبية 41
2-4-3-التساقط 45
2-4-4- الرياح 47
3-الدراسة المعمارية للضريح 49
3-1-وصف الضريح 49
3-1-1-القسم الخارجي 49
3-1-2-القسم الداخلي 56
3-2-التأثيرات الأجنبية على الضريح 61
4-تاريخ الأبحاث والترميمات السابقة 62
4-1-الدراسات والأبحاث السابقة 62
4-2-التنقيبات الأثرية والترميمات السابقة 64
4-3-تأريخ الضريح 66
5-أصل التسمية وأهم الأساطير التي قيلت عن الضريح.............................69
5-1-أصل التسمية 69
5-2-الأساطير التي قيلت عن الضريح 70
الخلاصة 71
الفصل الثاني: عموميات حول ضريح الخروب 72
تمهيد 74
1-التعريف بولاية قسنطينة وتاريخها 75
1-1-التعريف بولاية قسنطينة 75
1-2-تاريخ المنطقة 76
1-3-المعطيات الطبيعية للمنطقة 81
2-الإطار الجغرافي والمناخي لضريح الخروب 86
2-1-الموقع الجغرافي لضريح الخروب 86
2-2-الدراسة الجيولوجية للمنطقة 87

2-3-المناخ 89

2-3-1-الحرارة 89

2-3-2-الرطوبة النسبية 93

2-3-3-التساقط 97

2-3-4-الرياح 99

3-الدراسة المعمارية للضريح 100

3-1-وصف الضريح 100

3-1-1-القسم الخارجي 100

3-1-2-القسم الداخلي 103

3-2-التاثيرات الأجنبية على الضريح 103

4-تاريخ الاحداث والترميمات السابقة 104

4-1-الدراسات والأبحاث السابقة 104

4-2-التنقيبات الاثرية والترميمات السابقة 105

4-3-تأريخ الضريح 107

5-أصل التسمية 109

الخلاصة 110

الفصل الثالث: عموميات حول ضريح إمدغاسن 111

تمهيد 113

1-التعريف بولاية باتنة وتاريخها 114

1-1-التعريف بولاية باتنة 114

1-2-تاريخ المنطقة 115

2-الإطار الجغرافي والمناخي لضريح إمدغاسن 117

2-1-الموقع الجغرافي للضريح 117

2-2-المعطيات الطبيعية للمنطقة 118

2-3-الدراسة الجيولوجية للمنطقة 120

2-4-المناخ 124

2-4-1-الحرارة 124
2-4-2-الرطوبة النسبية 129
2-4-3-التساقط 133
2-4-4-الرياح 135
3-الدراسة المعمارية للضريح 136
3-1-وصف الضريح 136
3-1-1-القسم الخارجي 137
3-1-2-القسم الداخلي 143
3-2-التأثيرات الأجنبية على الضريح 146
4-تاريخ الأبحاث والترميمات السابقة 148
4-1-الدراسات والأبحاث السابقة 148
4-1-1-الدراسات الأولى :(سنوات 1849م و1850م) 148
4-1-2-الدراسات الثانية (سنة1854م) 148
4-1-3-الدراسات الثالثة (سنوات1855م و1856 م) 149
4-1-4-الدراسات الرابعة (سنوات 1866م و1867م) 149
4-1-5-الدراسات الخامسة (سنة1873م) 150
4-1-6-الدراسات الأخيرة 151
4-2-الترميمات السابقة 151
4-2-1-ترميمات البعثة الإيطالية سنة 1972م 151
4-2-2-ترميمات 2006م/2007م 154
4-2-3-الترميمات الأخيرة (2016/2015م) 154
4-3-تأريخ الضريح 155
4-3-1-تأريخات ستيفان غزال 156
4-3-2-تأريخات غبريال كامبس 156
5-أصل التسمية 157
الخلاصة 161

الخاتمة 162

فهرس أشكال الباب الأول 163

فهرس صور الباب الأول 166

قائمة المصادر والمراجع للباب الأول 167

الباب الثاني: مواد وتقنيات البناء 171

مقدمة 177

الفصل الأول: مواد البناء: الصخور وأنواعها 179

تمهيد 181

1-تعريف الصخور 182

2-أنواع الصخور 183

2-1-الصخور النارية 183

2-1-1-المنشأ 184

2-1-2-أنواعها 185

2-1-3-النسيج 189

2-1-4-أهم معادن الصخور النارية 190

2-1-5-مميزات الصخور النارية 191

2-2-الصخور الرسوبية 192

2-2-1-المنشأ 192

2-2-2-أنواعها 194

2-2-3-النسيج 198

2-2-4-أهم معادن الصخور الرسوبية 198

2-2-5-مميزات الصخور الرسوبية 200

2-2-6-الحجر الجيري 201

2-3-الصخور المتحولة 204

2-3-1-المنشأ 205

2-3-2-أسباب التحول 205

2-3-3-أنواع التحول 209
2-3-4-تقسيم الصخور المتحولة 209
2-3-5-أنسجة الصخور المتحولة 211
2-3-6-أهم معادن الصخور المتحولة 213
2-3-7-مميزات الصخور المتحولة 214
الخلاصة 215
الفصل الثاني: خصائص واستعمالات الصخور 216
تمهيد 218
1-خواص الصخور 219
1-1-الخواص الطبيعية 219
1-1-1-الكتلة الحجمية 219
1-1-2-الكثافة 220
1-1-3-المسامية 221
1-1-4-الإمتصاص 221
1-1-5-النفاذية أو الخاصية الشعرية 222
1-1-6-التركيب الطبقي للصخور 223
1-1-7-المواد الرابطة 226
1-2-الخواص الميكانيكية 226
1-2-1-قوة التحمل الميكانيكي 226
1-2-2-الصلادة 227
1-3-الخواص الحرارية 228
1-3-1-التوصيل الحراري 228
1-3-2-التمدد الحراري 228
1-3-3-مقاومة الحريق 229
2-الأجهزة العلمية المستخدمة في التحليل والفحص 229
2-1-إستخدام الأشعة السينية في التحليل 229

2-2-إستخدام المجهر في الفحوص 231
3-استعمالات الصخور 232
3-1-العمارة 232
3-2-النحت 234
3-3-إستعمالات الصخور في الصناعة 235
الخلاصة 237
الفصل الثالث: طرق معالجة الصخور وتقنيات البناء 238
تمهيد 240
1-التطور التكنولوجي في أدوات أساليب الاستخراج خلال العصور التاريخية 241
1-1-الأساليب التي تعتمد على نوعية الأحجار الصلدة 242
1-2-الأساليب التي تعتمد على الأدوات النحاسية 242
1-3-الأساليب التي تعتمد على الأدوات البرونزية 243
1-4-الأساليب التي تعتمد على الأدوات الحديدية 244
2-طرق قطع واستخراج الأحجار 244
2-1-طرق استخراج الأحجار اللينة 246
2-2-طرق استخراج الأحجار الصلدة 248
3-تشكيل الحجر ونحته للبناء 248
4-نقل الحجارة من المحاجر الى أماكن البناء 250
5-تقنيات البناء 252
5-1-ترتيب الحجارة الكبيرة 252
5-1-1-Opus siliceum 252
5-1-2-تقنية النظام الكبير Opus quadratum 253
5-2-ترتيب الحجارة الكبيرة والصغيرة معا 254
5-2-1-التقنية الإفريقية Opus africanum 254
5-2-2-تقنية المستطيلات (Appareil en damier 255
5-3-ترتيب الحجارة الصغيرة 256

5-3-1- Opus incertum 256
5-3-2-Opus réticulatum 257
5-3-3- Opus vitatum 258
5-3-4- Opus mixtum 258
5-3-5-Opus spicatum 258
5-3-6-التقنية القائمة على الآجر Opus testaceum 259
6-تقنية بناء الأضرحة المدروسة 259
6-1-تقنية بناء الضريح الملكي الموريطاني 259
6-2-تقنية بناء ضريح الخروب 260
6-3-تقنية بناء ضريح المدغاسن 261
الخلاصة 263
الخاتمة 264
فهرس أشكال الباب الثاني 265
فهرس صور الباب الثاني 266
قائمة مصادر ومراجع الباب الثاني 267
الباب الثالث: عوامل التلف وطرق الصيانة والترميم 269
المقدمة 274
الفصل الأول: عوامل التلف 275
تمهيد 277
أولا: العوامل الداخلية 278
1-التغير في التركيب المعدني 278
2-الإجهادات الداخلية 280
3-الخصائص الفيزوكيميائية والميكانيكية للأحجار 281
3-1-الخصائص الميكانيكية 281
3-2-التركيبة الكيميائية والمعدنية للصخور 282
3-3-المسامية 283

3-4-نسيج الصخر 284
ثانيا: العوامل الخارجية 284
1-العوامل الفيزيوكيميائية 284
1-1-الحرارة (التغيرات اليومية الكبيرة والمفاجئة في درجات الحرارة) 284
1-2-التغيرات المستمرة في الرطوبة النسبية 286
1-2-1-مصادر الرطوبة 286
1-2-2-تأثير تغيرات الرطوبة النسبية على المباني الأثرية.......................... 290
1-3-التلوث... 292
1-4-الأملاح... 295
2-العوامل الميكانيكية 301
2-1-الرياح والعواصف 301
2-2-الإهتزازات 302
2-3-الزلازل 303
2-3-1-ظاهرة الزلزال 303
2-3-2-تأثير الزلازل على المباني الأثرية 304
2-4-الصواعق 307
2-5-العامل البشري 307
3-العوامل البيولوجية 311
3-1-النباتات 312
3-2-الكائنات الحية الدقيقة... 312
3-3-الحيوانات 317
الخلاصة 319
الفصل الثاني: مظاهر التلف 320
تمهيد 322
1-التقشر 323
2-تفتت الحجر... 325

3-التلف البيولوجي 326

3-1-نمو النباتات 326

3-2-الأشنات 327

3-3-الطحالب 328

3-4-العفن 330

4-التشققات أو الشروخ 330

5-التجوف 333

6-تخشن السطح 334

7-الإضرار بالأساسات 335

8-تغير اللون 336

9-الطفح الملحي والتزهر 338

10-الكتابة على الحجارة 339

11-فقدان بعض الأجزاء 341

الخلاصة 342

الفصل الثالث: طرق الصيانة والترميم 343

تمهيد 345

أولا: التدابير لحماية المعالم الأثرية من أخطار التلف المختلفة 346

1-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الفيزيوكيميائية 346

1-1-الرطوبة الناتجة عن الأمطار 346

1-2-الحماية من عوامل التجوية باستخدام الأغشية السطحية 347

2-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل الميكانيكية 348

2-1-الرياح 348

2-2-الزلازل 348

2-3-الصواعق 355

2-4-العامل البشري 355

3-التدابير الوقائية لحماية المعالم الأثرية من العوامل البيولوجية 358

3-1-النباتات 358
3-2-الكائنات الحية الدقيقة 359
3-3-الحيوانات 359
ثانيا: التقنيات العلمية المستخدمة في علاج وصيانة الأحجار 360
1-عمليات التنظيف 362
1-1-مفهوم التنظيف 362
1-2-طبيعة الإتساخات 363
1-3-الأساليب المختلفة للتنظيف.. 364
1-3-1-التنظيف باستعمال الماء.. 364
1-3-2-التنظيف الميكانيكي 366
1-3-3-التنظيف الكيميائي 370
1-3-4-التنظيف بالليزر 373
1-3-5-إزالة البقع 374
2-إزالة الأملاح 376
2-1-استخلاص الأملاح التي تذوب في الماء 377
2-1-1-طريقة الحمامات المائية 377
2-1-2-طريقة الكمادات 378
2-2-استخلاص الأملاح التي لا تذوب في الماء 378
2-2-1-إزالة كربونات الكالسيوم 379
2-2-2-إزالة كبريتات الكالسيوم 379
3-التقوية 380
3-1-أهم المواد الكيميائية المستخدمة في تقوية الأحجار 382
3-1-1-المقويات غير العضوية 383
3-1-2-المقويات العضوية (الراتنجات الصناعية)...................................... 384
3-1-2-1-أهم خواص الراتنجات الصناعية 386
3-1-2-2-أنواع الراتنجات الصناعية المستخدمة في الصيانة والترميم 388

3-1-2-3-تجوية اللدائن الصناعية 391
3-1-3-السيليكونات 392
3-1-4-المقويات المؤقتة 392
3-2-طرق التقوية 393
3-2-1-الإسقاء 393
3-2-2-الحقن 394
3-2-3-التقوية باستخدام أسياخ من الحديد 394
4-الترميم 395
4-1-أسس وقواعد الإستكمال للآثار 395
4-2-إستكمال الأجزاء الناقصة 396
4-3-إستكمال مواد البناء البسيطة 397
4-4-ملء التجاويف وأماكن الربط المفتوحة 398
5-تأهيل المباني الأثرية 398
الخلاصة 401
الخاتمة 402
فهرس أشكال الباب الثالث 403
فهرس صور الباب الثالث 404
قائمة المصادر والمراجع 407
الباب الرابع: الجانب الميداني والتطبيقي..409
مقدمة 415
الفصل الأول: الجانب الميداني والتطبيقي للضريح الملكي الموريطاني 417
تمهيد 419
أولا: العمل الميداني 420
1-وصف الضريح 420
1-1-الواجهة الشرقية 403
1-2-الواجهة الجنوبية 423

1-3-الواجهة الغربية...425
1-4-الواجهة الشمالية...427
2-تشخيص مظاهر التلف على الضريح...428
2-1-نمو النباتات...429
2-2-الطحالب والأشنات...430
2-3-تشقق الحجارة...432
2-4-تفتت وتآكل الحجارة...433
2-5-تخشن السطح...435
2-6-الحفريات العشوائية والترميم الخاطىء...436
2-7-الكتابة على الحجارة...437
2-8-تغير اللون...438
2-9-تزهر الأملاح...441
ثانيا: العمل التطبيقي...442
1-قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع...442
1-1-التعريف بجهاز القياس...442
1-2-تثبيت أجهزة القياس بالموقع...443
1-3-النتائج المتحصل عليها...445
2-التحاليل المخبرية...461
2-1-اختيار العينات من الموقع...461
2-2-التحاليل المخبرية...462
2-2-1-الخصائص الفيزيائية للعينات...462
2-2-2-الخصائص الكيميائية للعينات...462
2-2-3-التركيبة المعدنية...464
2-2-4-الصدم الحراري...465
2-2-5-مقاومة الجليد...467
3-تحليل النتائج...468

الخلاصة 470
الفصل الثاني: الجانب الميداني والتطبيقي لضريح الخروب.. 471
تمهيد 473
أولا: العمل الميداني 474
1-وصف الضريح 474
1-1-الواجهة الشرقية 474
1-2-الواجهة الجنوبية 475
1-3-الواجهة الغربية 476
1-4-الواجهة الشمالية 477
2-تشخيص مظاهر التلف على الضريح... 478
2-1-نمو النباتات 478
2-2-الطحالب والأشنات 479
2-3-تشقق الحجارة. 480
2-4-تفتت وتآكل الحجارة... 481
2-5-تخشن السطح 482
2-6-الكتابة على الحجارة... 483
2-7-تغير اللون 484
ثانيا: العمل التطبيقي 486
1-قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع... 486
1-1-تثبيت أجهزة القياس بالموقع 486
1-2-النتائج المتحصل عليها.... 487
2-التحاليل المخبرية 503
2-1-اختيار العينات من الموقع... 503
2-2-التحاليل المخبرية 504
2-2-1-الخصائص الفيزيائية للعينات 504
2-2-2-الخصائص الكيميائية للعينات 504

2-2-3-التركيبة المعدنية 505
2-2-4-الصدم الحراري 506
2-2-5-مقاومة الجليد 508
3-تحليل النتائج 509
الخلاصة 512
الفصل الثالث: الجانب الميداني والتطبيقي لضريح المدغاسن 513
تمهيد 515
أولا: العمل الميداني 516
1-وصف الضريح 516
1-1-الواجهة الشرقية 516
1-2-الواجهة الجنوبية 518
1-3-الواجهة الغربية 519
1-4-الواجهة الشمالية 521
2-تشخيص مظاهر التلف على الضريح 522
2-1-نمو النباتات 522
2-2-الطحالب والأشنات 523
2-3-تشقق الحجارة 523
2-4-تآكل الأحجار 525
2-5-تخشن السطح 525
2-6-الترميم الخاطئ 526
2-7-الكتابة على الحجارة 527
2-8-تغير اللون 527
ثانيا: العمل التطبيقي 528
1-قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الموقع 528
1-1-تثبيت أجهزة القياس بالموقع 528
1-2-النتائج المتحصل عليها 529

2-التحاليل المخبرية 539
2-1-اختيار العينات من الموقع 539
2-2-نتائج التحاليل المخبرية 540
2-2-1-الخصائص الفيزيائية للعينات 541
2-2-2-الخصائص الكيميائية للعينات 541
2-2-3-التركيبة المعدنية 543
2-2-4-الصدم الحراري 543
2-2-5-مقاومة الجليد 544
3-تحليل النتائج 545
الخلاصة 547
الخاتمة 548
فهرس أشكال الباب الرابع 549
فهرس صور الباب الرابع 550
الخلاصة العامة 556
الإقتراحات والتوصيات 559
الخاتمة 562
قائمة المراجع والمصادر 568
ملحق الوثائق 574
الفهارس العامة 580